การพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง : ประยุกต์ใช้การวิเคราะห์โค้งพัฒนาการ

THE DEVELOPMENT OF CREATIVE MATHEMATICAL REASONING FOR GRADE 6 STUDENTS BY USING ARGUMENT-DRIVEN INQUIRY APPROACH : APPLICATION OF

วีราพัชร์ นามกูล

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

2564

การพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง : ประยุกต์ใช้การวิเคราะห์โค้งพัฒนาการ

วีราพัชร์ นามกูล

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวัด ประเมิน และวิจัยการศึกษา
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีการศึกษา 2564
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

THE DEVELOPMENT OF CREATIVE MATHEMATICAL REASONING FOR GRADE 6 STUDENTS BY USING ARGUMENT-DRIVEN INQUIRY APPROACH : APPLICATION OF LATENT GROWTH CURVE MODELS

WEERAPAT NAMKUL

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of MASTER OF EDUCATION

(Educational Measurement, Evaluation, and Research)

Faculty of Education, Srinakharinwirot University

2021

Copyright of Srinakharinwirot University

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง : ประยุกต์ใช้การวิเคราะห์โค้งพัฒนาการ

ของ

วีราพัชร์ นามกูล

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวัด ประเมิน และวิจัยการศึกษา

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์

..... ที่ปรึกษาหลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรอุมา เจริญสุข)

..... ประธาน
(รองศาสตราจารย์ ดร.กันต์ฤทัย คลังพหล)

..... ที่ปรึกษาร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิไลลักษณ์ ลังกา)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.อิทธิพัทธ์ สุวทันพรกูล)

ชื่อเรื่อง	การพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง : ประยุกต์ใช้การวิเคราะห์โค้งพัฒนาการ
ผู้วิจัย	วีราพัชร์ นามกูล
ปริญญา	การศึกษามหาบัณฑิต
ปีการศึกษา	2564
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรอุมา เจริญสุข
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิไลลักษณ์ ลังกา

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ของผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ก่อนเรียน ระหว่างเรียน หลังเรียน เมื่อผ่านไป 2 สัปดาห์ และ 4 สัปดาห์ 2) ศึกษาอิทธิพลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งที่มีต่อคะแนนดั้งเดิม และอัตราพัฒนาการของความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ งานวิจัยนี้มีแบบแผนการวิจัยแบบกึ่งทดลอง ตัวอย่างในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายประถม) ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 180 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ ซึ่งมีค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ระหว่าง 0.8 – 1.0 มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.35 – 0.40 ค่าอำนาจจำแนกระหว่าง 0.30 – 0.55 และค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับด้วยการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์ของแอลฟ่าของครอนบาค เท่ากับ 0.86 และ แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ซึ่งมีผลการประเมินความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด นำมาใช้เก็บรวมรวมข้อมูลทั้งหมด 5 ครั้ง สถิติที่ใช้ในงานวิจัยได้แก่ สถิติพื้นฐาน สถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ และ การวิเคราะห์โค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง ผลการวิจัยพบว่า 1) ผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งมีความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์จากการทดสอบแต่ละครั้งแตกต่างกันโดยมีค่าสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($F = 705.502$, $p < .001$) โดยมีคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบแต่ละครั้ง เท่ากับ 7.389, 12.144, 17.328, 19.856 และ 22.283 ตามลำดับ 2) ผลการวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ พบว่า สอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ($X^2 = 8.311$, $df = 6$, $p = 0.216$) ค่าดัชนีความสอดคล้องเปรียบเทียบ เท่ากับ 0.998 ค่าดัชนีวัดระดับความสอดคล้องเปรียบเทียบของ Tucker และ Lewis เท่ากับ 0.996 เมื่อพิจารณามีค่าประมาณองค์ประกอบค่าเฉลี่ยของคะแนนดั้งเดิมในรูปคะแนนมาตรฐาน เท่ากับ 1.868 ($Z = 12.594$, $p < .001$) และมีค่าเฉลี่ยองค์ประกอบค่าเฉลี่ยของอัตราพัฒนาการในรูปคะแนนมาตรฐาน เท่ากับ 1.868 ($Z = 15.229$, $p < .001$) และ มีค่าความแปรปรวนร่วมระหว่างคะแนนดั้งเดิมกับอัตราพัฒนาการ เท่ากับ 0.956 ซึ่งผลการวิเคราะห์มีค่าเป็นบวก แสดงว่าผู้ที่มีคะแนนดั้งเดิมมาก จะมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงชัดเจนขึ้นเมื่อเวลาเปลี่ยนไป

คำสำคัญ : ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์, การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง, วิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ, การวิเคราะห์โค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง

Title	THE DEVELOPMENT OF CREATIVE MATHEMATICAL REASONING FOR GRADE 6 STUDENTS BY USING ARGUMENT-DRIVEN INQUIRY APPROACH : APPLICATION OF LATENT GROWTH CURVE MODELS
Author	WEERAPAT NAMKUL
Degree	MASTER OF EDUCATION
Academic Year	2021
Thesis Advisor	Assistant Professor Dr. Ornuma Charoensuk
Co Advisor	Assistant Professor Dr. Wilailak Langka

The purposes of this research are as follows: (1) to study the creative mathematical reasoning abilities of students before, during and two weeks and four weeks after the study and employing an argument-driven inquiry approach; (2) to study the effects of the argument-driven inquiry approach on the initial scores of the students and the slope of their creative mathematical reasoning abilities. The research was a quasi-experimental design. The samples consisted of 180 sixth grade students at Srinakharinwirot University Prasarnmit Demonstration School (Elementary) in the first semester of the 2021 academic year. The research instruments were the creative mathematical reasoning ability test, with a content validity value between 0.80 and 1.00, an item difficulty power was between 0.35 and 0.45, and a discrimination power (r) between 0.30 and 0.55. The whole reliability level and the Cronbach's alpha coefficient was 0.86, and the argument-driven inquiry approach lesson plans had an appropriateness evaluation at the highest level. The data were collected fivetimes and analyzed by Sample statistics, Repeated Measures ANOVA, and Latent Growth Curve Analysis. The results were as follows: (1) the students who learned with an argument-driven inquiry approach had different creative mathematical reasoning abilities on each test, and higher scores at a statistically significant level of .05 ($F = 705.502$, $< .001$). The means from each test were 7.389, 12.144, 17.328, 19.856, and 22.283, respectively; (2) the casual model of the latent growth curve model in measuring the creative mathematical reasoning abilities of the students fit the empirical data ($X2 = 8.311$, $df = 6$, $p = 0.216$). CFI was 0.998, Tucker and Lewis's Comparative Consistency Index was 0.998, and TLI was 0.996. The mean component of the original score on the standardized form was 1.868 ($Z = 12.594$, $p < .001$), and the mean component of the Intercept score was 1.868 ($Z = 12.594$, $p < .001$). The Slope rate in the standard score form was 1.868 ($Z = 15.229$, $p < .001$) and the covariance between the Intercept score and Slope rate was 0.956, with positive results. This indicated that those with a very high Intercept score tendedto change more obviously as time changes.

Keyword : Creative Mathematical Reasoning, Argument-Driven Inquiry approach, Repeated Measures ANOVA, Latent Growth Curve Models

กิตติกรรมประกาศ

การทำปริญญานิพนธ์ครั้งนี้สามารถสำเร็จได้ เกิดจากความเอาใจใส่ของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรอุมา เจริญสุข อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้คอยให้ความรู้ เทคนิควิธีการ ประสบการณ์ ให้คำปรึกษา รวมถึงโอกาสในการเรียนรู้ต่างๆทั้งในและนอกชั้นเรียน ทั้งยังอบรมสั่งสอน แนะแนวทาง ช่วยแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆทั้งในงานวิจัยและการปฏิบัติตัว ผู้วิจัยรู้สึกขอบพระคุณอาจารย์ที่คอยส่งเสริม ให้กำลังใจและช่วยเหลือลูกศิษย์ด้วยความหวังดีมาโดยตลอด สิ่งที่ได้รับจากอาจารย์ตลอดระยะเวลาที่ได้เรียนกับอาจารย์ตั้งแต่ระดับปริญญาตรีจนถึงบัณฑิตศึกษาทำให้ผู้วิจัยรู้สึกเป็นเกียรติอย่างยิ่งที่ได้เป็นลูกศิษย์ของอาจารย์และขอกราบขอบพระคุณอาจารย์เป็นอย่างสูงในโอกาสนี้ ผู้วิจัยจะระลึกถึงพระคุณของอาจารย์เสมอ และจะนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปใช้ในการพัฒนาตนเองในอนาคตให้มีศักยภาพที่ดีขึ้นต่อไป

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิไลลักษณ์ ลังกา อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่มอบความรู้ ประสบการณ์ และเป็นกำลังใจให้กับลูกศิษย์ตลอดระยะเวลาในการทำปริญญานิพนธ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในพระคุณของอาจารย์เป็นอย่างยิ่ง

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. กันต์ฤทัย คลังพหล ประธานกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.อิทธิพัทธ์ สุวทันพรกุล กรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรชัย มีชาญ ประธานกรรมการสอบเค้าโครงปริญญานิพนธ์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนตา ตุลย์เมธาการ กรรมการสอบเค้าโครงปริญญานิพนธ์ ที่ให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ที่มีส่วนช่วยให้ปริญญานิพนธ์เล่มนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.ชมนาด เชื้อสุวรรณทวี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพดล กองศิลป์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรทิพย์ ศิริภัทราชัย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เรืองเดช ศิริกิจ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดวงใจ สีเขียว ผู้เชียวชาญในการตรวจสอบและประเมินคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณผู้อำนวยการ รองผู้อำนวยการฝ่ายวิชาการ และคณะผู้บริหาร โรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายประถม) ที่พิจารณามอบทุนในการศึกษาต่อในระดับบัณฑิตศึกษา และอนุญาตให้ทำการวิจัยภายในโรงเรียน

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ ดร.มิ่ง เทพครเมือง อาจารย์ ดร.ดลศักดิ์ ไทรเล็กทิม อาจารย์พนิตตา วงษ์พานิช อาจารย์อารีรัตน์ บุณยสวัสดิ์ อาจารย์จุไรรัตน์ สอนสีดา อาจารย์วรรณชัย นรสาร และอาจารย์ธันยากร จีนชาวนา ที่ให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะ รวมทั้งให้ความช่วยเหลือในการทดลองวิจัยครั้งนี้

ขอขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ภาควิชาการวัด ประเมิน และวิจัยการศึกษา ที่ประสิทธิ์ประศาสตร์วิชาความรู้ ประสบการณ์ และแนวคิดในการวิจัยให้กับลูกศิษย์ อีกทั้งยังพิจารณามอบทุนสนับสนุนงานวิจัยในครั้งนี้ด้วย

ขอขอบคุณพี่น้องในโรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายประถม) อาจารย์ปวัน อาจารย์จุลดา พี่น้องในสาขาวิชาการวัด ประเมิน วิจัยการศึกษา และบุคคลที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือและกำลังใจในการทำปริญญานิพนธ์ รวมถึงอาจารย์ ดร.ลภัสพิชชา ที่ให้กำลังใจและแบ่งปันบทความที่น่าสนใจประกอบการทำปริญญานิพนธ์นี้

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณสมาชิกในครอบครัวทุกท่านที่ให้การสนับสนุนและอยู่เบื้องหลังของความสำเร็จในการทำปริญญานิพนธ์ครั้งนี้

วีราพัชร์ นามกูล

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฎ

สารบัญรูปภาพ ..... ฑ

บทที่ 1 บทนำ 1

ภูมิหลัง 1

คำถามการวิจัย 7

ความมุ่งหมายของการวิจัย 7

ความสำคัญของการวิจัย 8

ขอบเขตของการวิจัย 8

นิยามศัพท์เฉพาะ 9

กรอบแนวคิดในการวิจัย 11

สมมติฐานการวิจัย 13

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 14

1. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ (Creative Mathematical reasoning) 15

1.1 ความหมายของความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ 15

1.2 องค์ประกอบของความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ 18

1.3 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ 20
1.4 การพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ 26
1.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 28
1.5.1 งานวิจัยในประเทศ 28
1.5.2 งานวิจัยต่างประเทศ 30
2. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง (Argument-Driven Inquiry Approach) 32
2.1 รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาความสามารถในการให้เหตุผล และ ความคิดสร้างสรรค์ 32
2.2 ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง 33
2.3 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง 34
2.4 ขั้นตอนและวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง 35
2.5 บทบาทผู้สอนในการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง 39
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 40
2.6.1 งานวิจัยในประเทศ 40
2.6.2 งานวิจัยต่างประเทศ 42
3. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับโมเดลโค้งพัฒนาการแบบมีตัวแปรแฝง (Latent Growth Curve Models : LGC) 43
3.1 ความหมายของโมเดลโค้งพัฒนาการแบบมีตัวแปรแฝง 43
3.2 ลักษณะของโมเดลโค้งพัฒนาการแบบมีตัวแปรแฝง 45
3.3 ข้อตกลงเบื้องต้นของโมเดลโค้งพัฒนาการแบบมีตัวแปรแฝง 47

3.4 สัญลักษณ์ที่ใช้ในของโมเดลโค้งพัฒนาการแบบมีตัวแปรแฝง 48
3.5 การพิจารณาความสอดคล้องของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง 50
3.6 ข้อดีและข้อจำกัดของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง 51
3.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 52
3.7.1 งานวิจัยในประเทศ 52
2.7.2 งานวิจัยต่างประเทศ 55
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 58
ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดประชากรและการสุ่มตัวอย่าง 58
ประชากรที่ใช้ในการวิจัย 58
ตัวอย่าง 58
ขอบเขตด้านเนื้อหา 59
ขอบเขตด้านตัวแปร 59
แบบแผนการทดลอง 59
ขั้นตอนที่ 2 การพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง และพัฒนาเครื่องมือวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ 60
ขั้นตอนที่ 3 การศึกษาความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง 69
การเก็บรวบรวมข้อมูล 69
การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล 70
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 72
การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล 72
ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น 72
ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ จากการทดสอบในช่วงเวลาต่างกัน 74

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงของความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์หลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง 77

สัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล 77

บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 84

สรุปผลการวิจัย 85

1. ผลการศึกษาความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ของผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ก่อนเรียน ระหว่างเรียน หลังเรียน เมื่อผ่านไป 2 สัปดาห์ และ 4 สัปดาห์ 85

2. ผลการศึกษาอิทธิพลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งที่มีต่อคะแนนดั้งเดิม และอัตราพัฒนาการของความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ 86

อภิปรายผล 87

1. ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ของผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ก่อนเรียน ระหว่างเรียน หลังเรียน เมื่อผ่านไป 2 สัปดาห์ และ 4 สัปดาห์ 87

2. อิทธิพลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งที่มีต่อคะแนนดั้งเดิม และอัตราพัฒนาการของความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ 88

ข้อเสนอแนะ 92

บรรณานุกรม 94

ภาคผนวก 101

ภาคผนวก ก รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ 102

ภาคผนวก ข ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 104

ภาคผนวก ค แบบประเมินคุณภาพเครื่องมือในการวิจัย 112

ภาคผนวก ง คำสั่งในการวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง โดยใช้โปรแกรมสถิติวิเคราะห์ MPlus 119

ภาคผนวก จ หนังสือรับรองการใช้ประโยชน์ 121

ประวัติผู้เขียน 126

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 แสดงการเปรียบเทียบกระบวนการทางพุทธิปัญญาของบลูมแบบดั้งเดิมและ แบบปรับปรุงใหม่ 21

ตาราง 2 แสดงจุดประสงค์ของระดับขั้นคำถามของบลูมแบบปรับปรุงใหม่ 23

ตาราง 3 แสดงลักษณะของขั้นการคิดแบบบลูมใหม่เมื่อเชื่อมโยงกับวิชาคณิตศาสตร์ 24

ตาราง 4 บทบาทผู้สอนในการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง 39

ตาราง 5 แสดงเกณฑ์การพิจารณาข้อตกลงเบื้องต้นในการวิเคราะห์โค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง 51

ตาราง 6 แสดงโครงสร้างแผนการจัดกการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง 62

ตาราง 7 แสดงระดับความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้งเพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์จากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (n=5) 64

ตาราง 8 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับนิยามเชิงปฏิบัติการ (IOC) ของแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ จากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (n=5) 67

ตาราง 9 แสดงค่าอำนาจจำแนก (r) ค่าความยากง่าย (Item Difficulty) และค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ทั้งฉบับของแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์จากตัวอย่าง (n=6) 68

ตาราง 10 แสดงค่าสถิติพื้นฐานคะแนนความสามารถการให้เหตุผลเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในการทดสอบแต่ละครั้ง 73

ตาราง 11 ผลการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นจากการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร (Compound Symmetry) 74

ตาราง 12 แสดงค่าผลการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนจากการทดสอบแต่ละครั้ง 75

ตาราง 13 ผลการเปรียบเทียบรายคู่ของคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ จากการทดสอบแต่ละครั้ง 75

ตาราง 14 แสดงผลการทดสอบความตรงของค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการให้หตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ในการวัดทั้ง 5 ครั้ง 76

ตาราง 15 แสดงสัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ 77

ตาราง 16 แสดงค่าสหสัมพันธ์ของตัวแปรคะแนนความสามารถการให้เหตุผลเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในการทดสอบแต่ละครั้ง 5 78

ตาราง 17 แสดงค่าดัชนีความกลมกลืนและดัชนีเปรียบเทียบของโมเดล 79

ตาราง 18 แสดงค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของคะแนนดั้งเดิมและอัตราพัฒนาการ 80

ตาราง 19 แสดงค่าประมาณอิทธิพลของคะแนนดั้งเดิมที่มีต่อคะแนนเฉลี่ยความสามารถทางการให้เหตุผลเชิงสร้างสรรค์ในการทดสอบครั้งที่ 1 - 5 80

ตาราง 20 แสดงค่าประมาณอิทธิพลของอัตราพัฒนาการที่มีต่อคะแนนเฉลี่ยความสามารถทางการให้เหตุผลเชิงสร้างสรรค์ในการทดสอบครั้งที่ 1 – 5 81

ตาราง 21 แสดงคะแนนองค์ประกอบของคะแนนดั้งเดิมและอัตราพัฒนาการของคะแนนความสามารถทางการให้เหตุผลเชิงสร้างสรรค์ในการทดสอบครั้งที่ 1 – 5 81

ตาราง 22 ตารางแสดงเกณฑ์การให้คะแนนการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ 111

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย 13

ภาพประกอบ 2 กรอบแนวคิดการวิเคราะห์โค้งพัฒนาการ 13

ภาพประกอบ 3 แสดงองค์ประกอบของการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ 16

ภาพประกอบ 4 แสดงที่มาของการให้เหตุผล 26

ภาพประกอบ 5 แสดงวิธีการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง 37

ภาพประกอบ 6 แสดงแบบจำลองโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง 49

ภาพประกอบ 7 การเปลี่ยนแปลงของคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 76

ภาพประกอบ 8 โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 (แสดงในรูปค่ามาตรฐาน) 82

ภาพประกอบ 9 แผนภูมิพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 83

บทที่ 1
บทนำ

ภูมิหลัง

ในโลกที่เทคโนโลยีมีความก้าวหน้ามากขึ้น การสร้างความพร้อมทางคณิตศาสตร์ให้ผู้เรียนจึงมีความสำคัญเพราะคณิตศาสตร์เป็นศาสตร์ที่ช่วยให้เกิดความเจริญทั้งทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีหลากหลายสาขา เช่น การเงิน การคลัง วารสารศาสตร์ กีฬาและคอมพิวเตอร์ เป็นต้น การมีพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ที่ดีจะช่วยให้ผู้เรียนประสบความสำเร็จอนาคต (The National Council of Teachers of Mathematics, 2018) นอกจากนี้ยังมีความสำคัญต่อการพัฒนาความคิดของมนุษย์ ทำให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบ และมีแบบแผน สามารถคิดวิเคราะห์ปัญหาและสถานการณ์ได้อย่างถี่ถ้วนรอบคอบ ทำให้สามารถคาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจ และแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม

การสอนคณิตศาสตร์ในโรงเรียนประถมศึกษาเป็นพื้นฐานที่สำคัญสำหรับคณิตศาสตร์ระดับที่สูงขึ้น หากผู้เรียนวิชาคณิตศาสตร์ในระดับสูงไม่ทราบกฎพื้นฐานและข้อตกลงเบื้องต้นของคณิตศาสตร์อย่างดี ผู้เรียนจะไม่สามารถแก้ไขปัญหาของคณิตศาสตร์ระดับสูงได้ ความสำคัญของวิชานี้จึงไม่ได้จำกัดอยู่ที่ห้องเรียนหรือโรงเรียนเท่านั้น แต่ยังมีบทบาทสำคัญในแง่มุมต่าง ๆ ของชีวิต เพราะธรรมชาติของผู้เรียนในระดับประถมศึกษา ตามทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ (Piaget's Theories of Intellectual Development) พบว่าผู้เรียนระดับประถมศึกษามีอายุระหว่าง 6 – 11 ปีซึ่งอยู่ในขั้นการคิดอย่างเป็นรูปธรรม (Concrete Operation Stage) ผู้เรียนจะมีการพัฒนาของความคิดและสติปัญญาอย่างรวดเร็ว เริ่มคิดอย่างมีเหตุผล รู้จักการวางแผน (Simplypsychology, 2018) มีความอยากรู้อยากลอง ชอบทำกิจกรรมที่ได้เคลื่อนไหว สนุกกับการทำกิจกรรมร่วมกับผู้อื่น มีความคิดเป็นของตนเองรู้จักคิดอย่างมีเหตุผล มีจินตนาการ สามารถเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งรอบตัว เริ่มเรียนรู้และแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เป็นรูปธรรมจากการดึงประสบการณ์มาใช้ (Piaget, 1966)

แต่ปัจจุบันปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่สำคัญของผู้เรียนในระดับประถมศึกษา คือ แบบทดสอบที่ใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในระดับนานาชาติ กับแบบทดสอบที่ใช้ในโรงเรียนมีรูปแบบและระดับการวัดแตกต่างกัน ซึ่งผู้เรียนถูกตัดสินคุณค่าจากคะแนนที่ได้เท่านั้น ข้อสอบวิชาคณิตศาสตร์ที่ใช้ในระดับนานาชาติ เช่น PISA ให้ความสำคัญกับความสามารถของแต่ละบุคคลในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ และสามารถแปลงปัญหา ใช้คณิตศาสตร์ และตีความผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาในบริบทของโลกชีวิตจริง รวมถึงการใช้แนวคิด

กระบวนการ ข้อเท็จจริง และเครื่องมือทางคณิตศาสตร์เพื่อบรรยาย อธิบาย และคาดการณ์ปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยสิ่งเหล่านี้จะช่วยให้แต่ละบุคคลทราบถึงบทบาทของคณิตศาสตร์ที่มีต่อโลกนี้และสร้างพื้นฐานที่ดีในการลงข้อสรุปและการตัดสินใจซึ่งเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับพลเมืองในศตวรรษที่ 21 ที่ต้องมีความสร้างสรรค์ มีการคิดอย่างไตร่ตรอง และมีส่วนร่วมต่อสังคมส่วนรวม (PISATHAILAND, 2020) นอกจากนี้ข้อสอบโครงการศึกษาแนวโน้มการจัดการศึกษาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนไทยเทียบกับนานาชาติ หรือ TIMSS มีการทดสอบในวิชาคณิตศาสตร์แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ แบบทดสอบที่ครอบคลุมด้านเนื้อหาวิชา (Content domain) และด้านพฤติกรรมการเรียนรู้ (Cognitive domain) ซึ่งในด้านพฤติกรรมการเรียนรู้นั้น แบ่งเป็น 3 ด้าน คือ ความรู้ การประยุกต์ใช้ และการให้เหตุผล (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2011)ซึ่งการทดสอบเหล่านี้มุ่งให้ผู้เรียนดึงองค์ความรู้ที่มีมาใช้ในการตอบคำถาม โดยใช้การอธิบาย หรือการให้เหตุผล การปลูกฝังให้ผู้เรียนมีระดับความคิดที่สูงขึ้นตามทฤษฎีการเรียนรู้ฉบับปรับปรุงของบลูม (Bloom's Revised Taxonomy) คือ การวิเคราะห์ (Analyze) การประเมินค่า (Evaluate) และ การสร้างสรรค์ (Create) ที่มีจุดประสงค์เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนคิดอย่างลึกซึ้งและแปลกใหม่ สามารถอธิบายวิธีการแก้ปัญหา และสามารถค้นหาข้อมูลด้วยตนเอง จึงเป็นเรื่องที่จำเป็น เนื่องด้วยแบบทดสอบในโรงเรียนจะอยู่ในขั้นการคิดขั้นที่ 1 – 3 คือ การจำ (Remember) การเข้าใจ (Understand) และ การประยุกต์ใช้ (Apply) ที่ประเมินได้เพียงความพร้อมและความเข้าใจของผู้เรียน วิเคราะห์จุดแข็งและจุดอ่อนของผู้เรียน และตรวจสอบเนื้อหาเท่านั้น ดวงจันทร์ วรคามิน และคณะ (2559). กล่าวว่า ผู้เรียนมีคะแนนการคิดวิเคราะห์ในการทดสอบ PISA อยู่ในระดับต่ำมาก เนื่องมาจากข้อสอบที่ใช้ในปัจจุบันนั้นเน้นการท่องจำเป็นส่วนมาก ซึ่งข้อเท็จจริงนี้สังเกตได้จากระดับคะแนน PISA ด้านการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของผู้เรียนในปี 2015 เมื่อเปรียบเทียบกับประเทศกลุ่ม OECD (Organization for Economic Co-operation and Development) ที่มีคะแนนมาตรฐานอยู่ที่ 490 คะแนน พบว่า ประเทศหรือเขตเศรษฐกิจที่มีคะแนนอยู่ในกลุ่มบนสุด 10 อันดับแรก ได้แก่ สิงคโปร์ (564) ฮ่องกง-จีน (548) มาเก๊า-จีน (544) จีนไทเป (542) ญี่ปุ่น (532) จีน-4 มณฑล (531) เกาหลี (524) สวิตเซอร์แลนด์ (521) เอสโตเนีย (520) และแคนาดา (516) ในขณะที่คะแนนเฉลี่ยคณิตศาสตร์ของผู้เรียนในประเทศไทยคือ 415 คะแนน อยู่ในช่วงลำดับที่ 49 - 55 ซึ่งต่ำกว่าค่าเฉลี่ย OECD มากกว่าหนึ่งระดับ และเมื่อย้อนกลับไปตั้งแต่ปี 2000 – 2015 พบว่าคะแนนเฉลี่ยของประเทศไทยมีการลดลงอย่างต่อเนื่อง (PISATHAILAND, 2020) นอกจากนี้คะแนน TIMSS ในวิชาคณิตศาสตร์ พบว่าประเทศไทยมีคะแนนเฉลี่ย 458 คะแนน จัดอยู่ในลำดับที่ 34 จาก 52 ประเทศ

นอกจากข้อสอบหรือแบบวัดที่ใช้ภายในโรงเรียนกับระดับนานาชาติไม่มีความสอดคล้องกันแล้ว การจัดการเรียนการสอนก็ยังเป็นปัญหาที่ทำให้ผู้เรียนไม่ได้รับการพัฒนาทางด้านคณิตศาสตร์เท่าที่ควร เนื่องจากผู้เรียนได้รับการจัดการเรียนรู้แบบเลียนแบบ หรือการท่องจำ (Imitative) ทำให้ผู้เรียนไม่เกิดการเรียนรู้อย่างเต็มศักยภาพ Dan Mayer กล่าวไว้ในงาน TED x NYED เมื่อวันที่ 6 มีนาคม 2010 ว่าการสอนคณิตศาสตร์ในทุกวันนี้มี 2 ส่วน ส่วนที่ 1 คือ การคำนวณ ส่วนนี้เป็นส่วนที่ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้เอง หลังจากที่หลงลืมไปหากผู้เรียนมีพื้นฐานที่ดีมากพอ อีกส่วนคือส่วนการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ หรือที่เรียกว่าเป็นบทประยุกต์ของกระบวนการคณิตศาสตร์รอบตัว ซึ่งเป็นส่วนที่สามารถสร้างให้เกิดกับผู้เรียนได้ยาก เพราะวิธีการสอนคณิตศาสตร์ที่เป็นอยู่ทำให้ผู้เรียนไม่จดจำสิ่งที่เรียนไว้ (TED, 2010) โดยการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงลอกเลียนแบบที่พบในผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้รูปแบบเดิม และการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์

การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ เป็นการผสมผสานระหว่างการให้เหตุผลเชิงสร้างสรรค์กับความรู้พื้นฐานทางคณิตสาสตร์ ดังที่ Johan Lithner (2006). ระบุว่าเป็นการสร้างลำดับเหตุผลขึ้นมาใหม่ โดยพิจารณาจากสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ มาสร้างลำดับการให้เหตุผลเพื่อแก้ไขปัญหาอย่างถูกต้อง สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในสถานการณ์อื่น ๆ ได้ โดยเกิดขึ้นจาก ความแปลกใหม่ (Novelty) คือ มีการสร้างลำดับการให้เหตุผลใหม่ ความยืดหยุ่น (Flexibility) คือ ส่วนหนึ่งของความคิดสร้างสรรค์ที่ประกอบกระบวนการคิดที่แปลกใหม่ยืดหยุ่นและคล่องแคล่ว ความน่าเชื่อถือ (Plausibility) คือ ข้อโต้แย้งที่สนับสนุนการเลือกกระบวนการและ การนำไปใช้ต้องมีแรงจูงใจว่าทำไมข้อสรุปเป็นเรื่องจริงหรือน่าเชื่อถือ และ ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Foundation) เพราะการให้เหตุผลต้องยึดในคุณสมบัติทางคณิตศาสตร์ที่แท้จริงของส่วนประกอบที่เกี่ยวข้องเหตุผลเพื่อนำมาซึ่งการยืนยันและข้อสรุป โดยไม่จำเป็นต้องใช้เหตุผลแบบนิรนัยเชิงตรรกะ แต่ต้องอาศัยความสมเหตุสมผลของพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ในการตอบข้อสรุปนั้น ๆ ซึ่งแตกต่างจากการให้เหตุผลแบบเดิม (แบบท่องจำ) คือ การแสดงวิธีคิดหรือวิธีทำ ที่ไม่มีแนวทางกำหนดให้ และมีความน่าเชื่อถือที่สนับสนุนจากข้อคิดเห็นและความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเกิดขึ้นจากการการฝึกฝนการแก้ไขปัญหาอย่างสม่ำเสมอ

การพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์นั้น ผู้วิจัยยังไม่พบวิธีการที่พัฒนาความสามารถนี้ในประเทศไทย ซึ่งพบแต่ในงานวิจัยของต่างประเทศ ซึ่งได้รับการพัฒนาโดยรูปแบบต่าง ๆ เช่น Bert Jonsson และคณะ (2014). ได้ใช้ชุดแบบฝึกการแก้ไขปัญหาทางคณิตศาสตร์ จำนวน 14 ชุด ในการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลทาง

คณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ โดยทำการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของผู้เรียนที่ได้รับการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์กับผู้เรียนที่ได้รับการสอนในรูปแบบปกติ ผู้เรียนในกลุ่มที่รับการสอนแบบปกติจะได้รับโจทย์จำนวน 5 ข้อย่อย จำนวน 14 ชุด ในชุดฝึกจะมีตัวอย่างของการแสดงวิธีการแก้ปัญหา และสูตรการคิดให้เป็นตัวอย่าง ส่วนผู้เรียนในกลุ่มที่ได้รับการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ได้รับโจทย์จำนวน 3 ข้อย่อย จำนวน 14 ชุด โดยไม่มีการชี้นำที่จัดเตรียมไว้เพื่อแก้ไขโจทย์ หลักจากการฝึกผู้วิจัยได้ให้ผู้เรียนทั้งสองกลุ่มทดสอบโดยใช้แบบทดสอบที่เหมือนกันทั้งสองกลุ่ม ซึ่งผลการวิจัยพบว่าผู้เรียนรับการความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์มีประสิทธิภาพสูงกว่าผู้เรียนที่ได้รับการสอนในรูปแบบปกติ ดังที่ Johan Lithner (2008) กล่าวว่าการที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ทำให้ผู้เรียนสามารถแก้ไขสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าการส่งเสริมให้ผู้เรียนมีการพัฒนาการให้เหตุผลแบบเลียนแบบ และ และอีกวิธีคือการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง Hidayat, Wahyudin และ คณะ (2018). ได้ทำการวิจัยในนิสิตผู้สอนสาขาวิชาการประถมศึกษา ผลการวิจัยพบว่า นิสิตมีความสามารถในการใช้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งสูงกว่าผู้ที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนในรูปแบบปกติ เป็นต้น

การใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง (Argument-Driven Inquiry Approach) เป็นรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการที่มีพื้นฐานมาจากรูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry-based learning) อยู่ภายใต้ทฤษฎีการเรียนรู้เชิงคอนสตรัคติวิสต์ ที่ให้ผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง มีส่วนร่วมในการสร้างองค์ความรู้ใหม่ด้วยกระบวนการที่ส่งเสริมการคิดอย่างอิสระและการเติบโตทางปัญหา จากเรียนรู้ผ่านกระบวนการที่ได้ลงมือปฏิบัติจริง ร่วมกับการใช้ทฤษฎีการโต้แย้งที่มีความเชื่อว่าการโต้แย้งมีความสำคัญในการสืบเสาะเพราะมีส่วนช่วยให้เหตุผลหรือสมมติฐานที่กำหนดนั้นมีความน่าเชื่อถือจากหลักฐานที่นำมาสนับสนุน ซึ่งรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งได้ให้ผู้เรียนได้ออกแบบ สำรวจตรวจสอบ รวบรวม และวิเคราะห์ข้อมูล สื่อสารความคิดกับผู้อื่นในระหว่างอยู่บนพื้นฐานของการเรียนรู้แบบสืบเสาะ กิจกรรมการโต้แย้ง การตรวจสอบเพื่อแลกเปลี่ยนกับผู้อื่น และมีการกระตุ้นให้มีการตรวจสอบโดยเพื่อน การจัดการเรียนรู้ลักษณะนี้ส่งผลให้ผู้เรียนได้ระบุข้อสันนิษฐาน แปลงข้อมูล วิเคราะห์ แปลความข้อมูล และระบุ

เหตุผล นำไปสู่การสร้างข้อสรุปที่สมเหตุสมผล (Walker, Sampson, และ Zimmerman, 2011) ถึงแม้ว่าจะยังไม่มีงานวิจัยที่สนับสนุนว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งสามารถพัฒนาความสามารถในการใช้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ได้มากนัก แต่พบได้ในปริบทของการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ภัสราภรณ์ พริกชูผล (2561). ได้ทำการวิจัยเพื่อพัฒนาทักษะการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีพัฒนาการของความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ในระดับที่สูงขึ้น เช่นเดียวกับ ภัทราวรรณ ไชยมงคล (2560). ที่ทำการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน เพื่อศึกษาผลของการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ หลังการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง สามารถพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ของผู้เรียนได้

สภาพห้องเรียนคณิตศาสตร์ในปัจจุบัน ทำให้เกิดการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์อย่างไม่ถูกต้อง เพราะผู้สอนขาดแรงกระตุ้น ผู้เรียนไม่สามารถริเริ่มสิ่งต่าง ๆ ได้ด้วยตนเอง ขาดความพยายาม ไม่สามารถจดจำสิ่งที่เรียนไปได้ หลีกเลี่ยงการทำโจทย์ปัญหา และรอคอยแต่วิธีการแก้ปัญหาที่สำเร็จรูปเท่านั้น (TED, 2010) การพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ของผู้เรียนจึงเป็นเรื่องจำเป็น การใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง เป็นรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการที่ให้ผู้เรียนได้ออกแบบ สำรวจ ตรวจสอบ รวบรวม และวิเคราะห์ข้อมูล สื่อสารความคิดกับผู้อื่นในระหว่างกิจกรรมการโต้แย้ง การตรวจสอบเพื่อแลกเปลี่ยนกับผู้อื่น และมีการกระตุ้นให้มีการตรวจสอบโดยเพื่อน เพื่อให้ผู้เรียนมีโอกาสพัฒนาวิธีการของตัวเองในการสร้างข้อมูล ทำการสอบสวนใช้ข้อมูลเพื่อตอบคำถาม เขียนและไตร่ตรองมากขึ้นเมื่อพวกเขาทำงาน และยังให้โอกาสผู้เรียนมีส่วนร่วมในการโต้แย้งและการทบทวนโดยเพื่อน ผู้เรียนจึงสามารถเริ่มพัฒนาทักษะการใช้เหตุผลหรือนิสัยของจิตใจและความเข้าใจในเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ เพื่อตัดสินใจอย่างชาญฉลาดเกี่ยวกับปัญหาทางคณิตศาสตร์ ที่มีอิทธิพลต่อชีวิตของพวกเขาในอนาคต

เป้าหมายของการศึกษาจึงมุ่งหวังให้ผู้เรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงทางความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์อย่างต่อเนื่อง จึงควรพิจารณาจากความเปลี่ยนแปลงหรือพัฒนาการของผู้เรียน เนื่องด้วยพื้นฐานของผู้เรียนนั้นแตกต่างกัน การเปลี่ยนแปลงในระยะยาวจะเป็นส่วนที่บ่งชี้ได้ว่าผู้เรียนมีทักษะไปในทิศทางที่ตั้งเป้าหมายไว้มากน้อย เพียงใด

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบพัฒนาการในรูปแบบเดิม เช่น การวัดคะแนนผลต่าง (Difference Scores) คะแนนความเปลี่ยนแปลง (Change Scores) หรือคะแนนเพิ่ม (Gain Scores) ใช้การวัดเพียงแค่ 2 ครั้ง คือ ก่อน และหลัง การจัดการเรียนรู้ก็สามารถเปรียบเทียบได้ แต่พบว่าการวัดแบบนี้มีข้อจำกัดในการเปรียบเทียบคะแนน ที่อาจทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการวัดได้ โมเดลโค้งพัฒนาการแบบมีตัวแปรแฝงซึ่งเป็นการวัดที่ต้องการวัดหรือประมาณค่าการเปลี่ยนแปลงภายในบุคคล (Hox, Stoel, และ Wittenboer, 2003) จะเป็นตัวช่วยในการศึกษาพัฒนาการของผู้เรียนเมื่อเวลาผ่านไปว่าผู้เรียนแต่ละคนมีพัฒนาการอยู่ในระดับใด และมีอัตราการเปลี่ยนแปลงของพัฒนาการเป็นอย่างไร โค้งพัฒนาการนี้ไม่จำเป็นว่าต้องเป็นพัฒนาการทางบวก โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง ในการคะแนนการวัดแต่ละครั้ง เป็นคะแนนรวมที่ประกอบด้วย คะแนนเริ่มต้น (คะแนนดั้งเดิม) อัตราพัฒนาการ และคะแนนความคลาดเคลื่อนในการวัด โดยที่องค์ประกอบรวมที่แฝงอยู่ในคะแนน การวัดแต่ละครั้ง คือคะแนนเริ่มต้นและอัตราพัฒนาการ ส่วนคะแนนความคลาดเคลื่อนในการวัดเป็น องค์ประกอบเฉพาะของการวัดแต่ละครั้ง คะแนนที่เปลี่ยนแปลงไปจะมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาอย่างเป็นระบบ อย่างน้อยก็ในช่วงของการศึกษา ซึ่งมีข้อดี คือ เป็นโมเดลประหยัด ง่ายต่อการตีความ ไม่มีความลำเอียงในการประมาณค่า สามารถศึกษาตัวแปรพยากรณ์ที่ใช้ทำนายอัตราการเปลี่ยนแปลง สามารถศึกษาแบบแผนพัฒนาการทั้งแบบเส้นตรงและไม่เป็นเส้นตรง สามารถประมาณค่าอัตราการ เปลี่ยนแปลง และความคลาดเคลื่อนในการวัดได้แม้ตัวอย่างจะน้อยหรือเมื่อมีการขาดหายของข้อมูล (Duncan, 1999; J. J. McArdle และ Hamagami, 1992) สมถวิล วิจิตรวรรณา (2545) กล่าวว่าโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงสามารถอธิบายการวัดการเปลี่ยนแปลงระยะยาวที่มีประสิทธิภาพมากกว่าโมเดลกึ่งซิมเพลกซ์ที่มีตัวแปรแฝงพัฒนาการ และโมเดลพหุระดับ วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลนี้เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เหมาะสมจึงควรมีการวัดอย่างน้อย 3 ครั้ง ดังที่ รุจิพัชญ์ อรุวีวัฒนานนท์ (2553) ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ของพัฒนาการระหว่างการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์และอัตมโนทัศน์ของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจังหวัดสกลนคร โดยการประยุกต์ใช้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง ได้ใช้การวัดผลจำนวน 3 ครั้ง ระยะห่างในการวัดประมาณ 1 เดือน แล้วนำมาวิเคราะห์ข้อมูล

ด้วยเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาผลการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ของผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง : ประยุกต์ใช้การวิเคราะห์โค้งพัฒนาการ โดยคาดว่าจะได้เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ของ

ผู้เรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง คือ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบฝึก และใบงาน ได้เครื่องมือที่ใช้ในการวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ และทราบผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งในการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ของผู้เรียน เพื่อเป็นแนวทางให้ผู้สอนและผู้ที่ต้องการศึกษา นำไปสู่การพัฒนา ปรับปรุงการจัดการเรียนรู้รายวิชาคณิตศาสตร์ ทั้งนี้ทราบแนวโน้มพัฒนาการการเรียนรู้ในรูปสมการโครงสร้างเชิงเส้น จะมีช่วยในการอธิบายคะแนนดั้งเดิมพัฒนาการของผู้เรียน และความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นในการทดสอบความรู้แต่ละครั้ง อีกทั้งสามารถทดสอบโครงสร้างองค์ประกอบเดียวกันที่ถูกวัดในช่วงเวลาที่แตกต่างกันได้ ซึ่งผลการวิเคราะห์ที่ได้จะเป็นแนวทางในการเตรียมความพร้อมของผู้เรียนในการทดสอบระดับนานาชาติต่อไป

คำถามการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดคำถามวิจัยไว้ ดังนี้

1. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งในการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ได้หรือไม่อย่างไร

2. อิทธิพลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งมีผลต่อคะแนนดั้งเดิม และอัตราพัฒนาการของความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์เป็นอย่างไร

ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายไว้ดังนี้

1. เพื่อศึกษาความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ของผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ก่อนเรียน ระหว่างเรียน หลังเรียน เมื่อผ่านไป 2 สัปดาห์ และ 4 สัปดาห์

2. เพื่อศึกษาอิทธิพลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งที่มีต่อคะแนนดั้งเดิม และอัตราพัฒนาการของความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์

ความสำคัญของการวิจัย

ผลการวิจัยครั้งนี้ ทำให้ผู้วิจัยได้ทราบแนวทางการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ของผู้เรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง และได้เครื่องมือที่ใช้ คือ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบฝึก และใบงาน ที่มีประสิทธิภาพ ได้ทราบผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งในการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ของผู้เรียน เพื่อเป็นแนวทางให้ผู้สอนและผู้ที่ต้องการศึกษา นำไปสู่การพัฒนา ปรับปรุงการจัดการเรียนรู้รายวิชาคณิตศาสตร์ นอกจากนั้นยังทำให้ทราบแนวโน้มพัฒนาการด้านการใหเหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ของผู้เรียนในรูปสมการโครงสร้างเชิงเส้น ที่มีส่วนช่วยในการอธิบายคะแนนดั้งเดิม พัฒนาการของผู้เรียน และความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนที่ เกิดขึ้นในการทดสอบความรู้แต่ละครั้ง ซึ่งผลการวิเคราะห์ที่ได้จะเป็นแนวทางในการเตรียมความพร้อมของผู้เรียนในการทดสอบระดับนานาชาติต่อไป

ขอบเขตของการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้เป็นผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายประถม) ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 8 ห้องเรียน รวมจำนวนผู้เรียน 240 คน ซึ่งโรงเรียนจัดห้องเรียนแบบคละความสามารถ

ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายประถม) ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 ในการวิเคราะห์โค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง จำเป็นต้องกำหนดจำนวนตัวอย่าง 5 – 20 คน ต่อ 1 พารามิเตอร์ที่ต้องการประมาณค่า (Hair, Black, Babin, Anderson, และ Tatham, 2006) ซึ่งงานวิจัยนี้มีจำนวนพารามิเตอร์ 20 พารามิเตอร์ จึงได้จำนวนขั้นต่ำคือ 100 คน และเนื่องจากเป็นรูปแบบการสอนออนไลน์จึงมีการเผื่อจำนวนตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยเพิ่มขึ้นเพื่อป้องกันการขาดหายของข้อมูล (missing data) ผู้วิจัยจึงเลือกกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างเพิ่มขึ้นโดยเลือกใช้ตัวอย่างจำนวน 6 ห้องเรียน ที่มีจำนวนรวมทั้งสิ้น 180 คน ตัวอย่างได้มาจากการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (cluster random sampling) โดยมีห้องเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม

ขอบเขตด้านเนื้อหา

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นเนื้อหากลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ รายวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

ขอบเขตด้านตัวแปร

ตัวแปรอิสระ คือ การจัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

ตัวแปรตาม คือ ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ หมายถึง พฤติกรรมของบุคคลทางด้านคณิตศาสตร์ในการที่สามารถสร้างลำดับเหตุผลขึ้นมาใหม่ โดยพิจารณาจากสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ และสร้างลำดับการให้เหตุผลเพื่อแก้ไขปัญหาอย่างถูกต้อง และสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในสถานการณ์อื่น ๆ ได้ โดยเกิดขึ้นจาก

1.1) ความแปลกใหม่ คือ มีการสร้างลำดับการให้เหตุผลใหม่หรือลำดับที่ถูกลืมไปแล้วจะถูกสร้างขึ้นใหม่

1.2) ความน่าเชื่อถือ คือ ข้อโต้แย้งที่สนับสนุนการเลือกกระบวนการและ การนำไปใช้ต้องมีแรงจูงใจว่าทำไมข้อสรุปเป็นเรื่องจริงหรือน่าเชื่อถือ

1.3) ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ คือ ต้องยึดในคุณสมบัติทางคณิตศาสตร์ที่แท้จริงของส่วนประกอบที่เกี่ยวข้องเหตุผลเพื่อให้ได้ซึ่งการยืนยันและข้อสรุป โดยไม่จำเป็นต้องใช้เหตุผลแบบนิรนัยเชิงตรรกะ แต่ต้องอาศัยความสมเหตุสมผลของพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ในการตอบข้อสรุปนั้น ๆ

ซึ่งการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์แตกต่างจากการให้เหตุผลแบบเดิม (แบบท่องจำ) คือ การแสดงวิธีคิดหรือวิธีทำ ที่ไม่มีแนวทางกำหนดให้ และมีความน่าเชื่อถือที่สนับสนุนจากข้อคิดเห็นและความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเกิดขึ้นจากการฝึกฝนการแก้ไขปัญหาอย่างสม่ำเสมอ โดยใช้แบบวัดการความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นแบบอัตนัย จำนวน 5 ข้อ

2. การจัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง หมายถึง รูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการ โดยให้ผู้เรียนได้ออกแบบสำรวจตรวจสอบ รวบรวม และวิเคราะห์ข้อมูล สื่อสารความคิดกับผู้อื่นในระหว่างกิจกรรมการ

โต้แย้ง การตรวจสอบเพื่อแลกเปลี่ยนกับผู้อื่น และมีการกระตุ้นให้มีการตรวจสอบโดยเพื่อน ประกอบด้วย 8 ขั้นตอน คือ

ขั้นที่ 1 ระบุและแนะนำปัญหา (Identify the Task and the Guiding Question) คือ การแนะนำหัวข้อสำคัญที่ควรศึกษาและเริ่มการสำรวจ ขั้นตอนนี้ผู้สอนต้องทำหน้าที่เพื่อดึงดูดความสนใจของผู้เรียน เชื่อมโยงเนื้อหาระหว่างประสบการณ์การเรียนรู้ในอดีตและปัจจุบัน และเพื่อให้เป้าหมายของกิจกรรมที่กำลังจะเกิดขึ้นให้ชัดเจน

ขั้นที่ 2 ออกแบบกระบวนการและรวบรวมข้อมูล (Design a Method and Collect Data) การสร้างและการรวบรวมข้อมูล คือ การที่ผู้เรียนทำงานกันเป็นกลุ่ม เพื่อพัฒนาและใช้วิธีการของตนเอง เพื่อตอบคำถามที่ผู้สอนให้ จุดประสงค์ของขั้นตอนนี้คือการให้โอกาสผู้เรียนในการเรียนรู้วิธีการออกแบบและดำเนินการตรวจสอบข้อมูลวิเคราะห์ข้อมูลและเรียนรู้วิธีจัดการกับความคลุมเครือของงานที่ได้รับมอบหมาย

ขั้นที่ 3 สร้างข้อโต้แย้งเบื้องต้น (Develop an Initial Argument) คือ การให้ผู้เรียนสร้างลำดับการคิดที่น่าเชื่อถือด้วยหลักฐานและเหตุผลที่สามารถแบ่งปันกับผู้อื่นได้ เป็นข้อสรุปการคาดเดา คำอธิบาย ข้อความเชิงพรรณนาหรือคำตอบของคำถาม ซึ่งในขั้นตอนนี้เน้นความสำคัญของการโต้แย้ง ผู้เรียนต้องสามารถสนับสนุนคำอธิบายข้อสรุปหรือคำตอบของคำถามที่มีหลักฐานที่เหมาะสมและมีเหตุผลเพียงพอ

ขั้นที่ 4 อภิปรายข้อโต้แย้งเบื้องต้น (Argumentation Session) คือ ผู้เรียนจะแบ่งปันข้อโต้แย้งซึ่งกันและกัน ผู้เรียนจะมีส่วนร่วมในการประเมินคำอภิปรายเหล่านั้นเพื่อตัดสินว่าข้อใดถูกต้องที่สุด ผู้นำเสนอจะได้ทบทวนและปรับปรุงข้อโต้แย้งของตนนอกจากนี้ยังช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะการสื่อสารและการนำเสนอด้วย

ขั้นที่ 5 สรุปและสะท้อนผลการโต้แย้ง (Explicit and Reflective Discussion) คือ ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันอภิปรายที่เนื้อหาที่เป็นหัวใจสำคัญของการแก้ปัญหา เพื่อให้ผู้เรียนวิธีออกแบบการแก้ปัญหาที่ดีขึ้นในอนาคต

ขั้นที่ 6 เขียนรายงานผลการโต้แย้ง (Write an Investigation Report) คือ ขั้นตอนที่ผู้เรียนแต่ละคนเขียนรายงานการแก้ปัญหา ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาที่เป็นหัวใจสำคัญของปัญหาที่ได้รับมอบหมาย และเรียนรู้วิธีวิเคราะห์และตีความข้อมูล พัฒนาและใช้แบบจำลอง ใช้คณิตศาสตร์หรือการคิดเชิงคำนวณ สร้างคำอธิบาย โต้แย้งจากหลักฐาน และ สื่อสารข้อมูล นอกจากนี้ยังช่วยให้นักเรียนพัฒนาความสามารถในการเขียนขั้นตอนการแก้ปัญหาด้วย

ขั้นที่ 7 ตรวจสอบโดยเพื่อน (Double-Blind Group Peer Review) คือ ผู้เรียนแต่ละกลุ่มจะตรวจสอบรายงานการสอบสวนซึ่งกันและกัน เพื่อให้แน่ใจว่ามีคุณภาพและให้ข้อเสนอแนะที่จำเป็นแก่เพื่อนร่วมชั้นในการปรับปรุง ขั้นตอนการสอบถามโดยใช้ข้อโต้แย้งนี้ช่วยให้นักเรียนเรียนรู้วิธีประเมินข้อมูล นอกจากนี้ยังช่วยให้นักเรียนพัฒนาความสามารถในการอ่านและวิจารณ์ข้อความที่มีการโต้แย้ง

ขั้นที่ 8 ปรับปรุงรายงานฉบับสมบูรณ์ (Revise and Submit the Report) คือ การให้ผู้เรียนแก้ไขและปรับปรุง รายงานผลการสำรวจตรวจสอบตามคำแนะนำของเพื่อน จากผลการประเมินที่ได้จากกิจกรรมการตรวจสอบโดยเพื่อน

3. การวิเคราะห์โค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง (Latent Growth Curve Model) หมายถึง โมเดลการวิเคราะห์ที่ใช้องค์ประกอบแบบสมการโครงสร้างที่เชื่อมโยงจากคะแนนการวัดที่เป็นตัวแปรสังเกตได้หรือคะแนนดิบมาสู่คะแนนจริงที่เป็นตัวแปรแฝง เป็นรูปแบบที่มีความแข็งแกร่งและมีความแม่นยำเชิงสถิติ ที่มีลักษณะการเก็บข้อมูลในระยะยาวจากการวัดหลายครั้ง ประกอบด้วยองค์ประกอบ 3 ส่วน คือ ค่าเริ่มต้น หรือ คะแนนดั้งเดิม อัตราพัฒนาการ และความคลาดเคลื่อนในการวัด ที่เป็นความคลาดเคลื่อนแบบสุ่ม โดยใช้โมเดลสมการโครงสร้างความแปรปรวนร่วมที่วิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนในการวัดหรือส่วนที่เหลือของคะแนนการวัดที่ไม่สามารถอธิบายได้ด้วยตัวแปรต้น คือ เวลา และนำตัวแปรแฝงมาร่วมวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลง

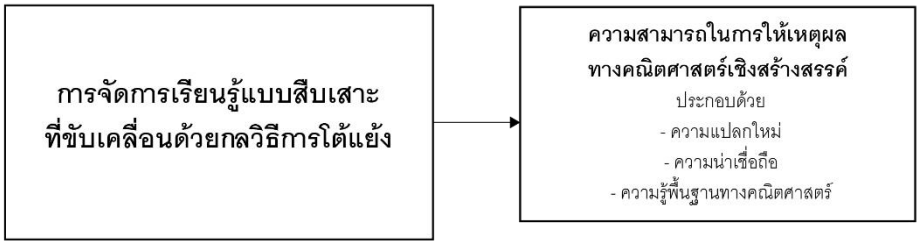
3.1 คะแนนดั้งเดิม คือ คะแนนที่ได้รับจากการวัดผลครั้งแรก ซึ่งจะเป็นค่าคงที่ที่ติดตัวบุคคลนั้นไปตลอดช่วงเวลาที่ใช้ศึกษา

3.2 อัตราพัฒนาการ คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงของแต่ละบุคคลตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา อาจจะเป็นบวกหรือลบก็ได้ซึ่งเครื่องหมายจะเป็นตัวกำหนดทิศทางของการเปลี่ยนแปลง

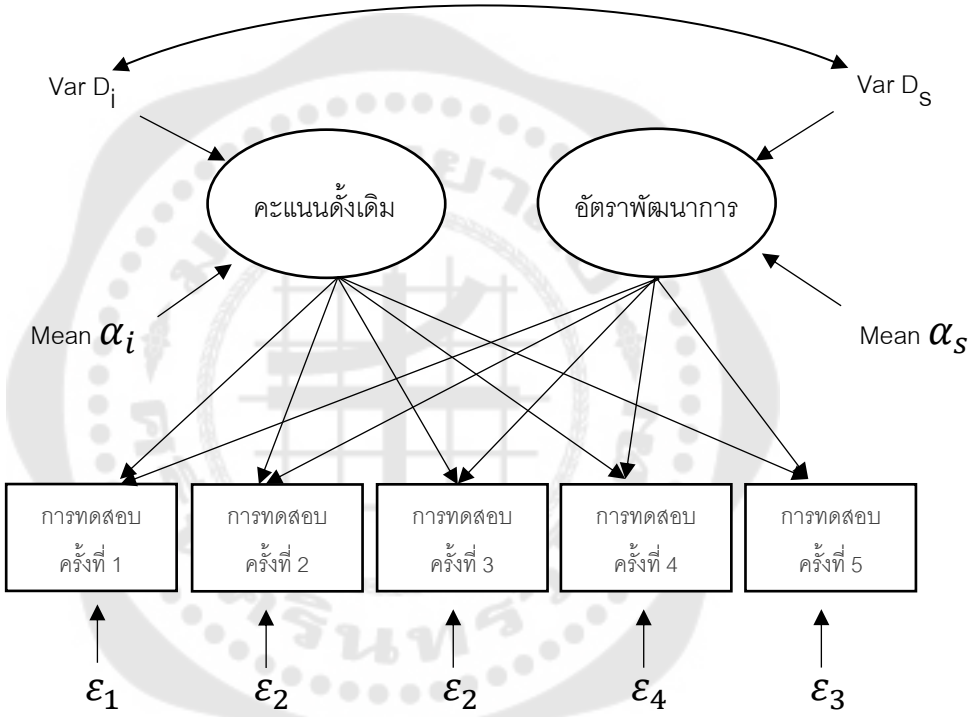
กรอบแนวคิดในการวิจัย

จากการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยพบว่า ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ ประกอบด้วยองค์ประกอบ คือ 1) ความแปลกใหม่ หรือความคิดสร้างสรรค์ 2) ความน่าเชื่อถือ 3) ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ ซึ่งสามารถพัฒนาได้เมื่อ 1) ผู้เรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้ 2) ผู้สอนที่สร้างเสริมและสนับสนุนความคิดและการแสดงออกของผู้เรียน 3) ภาระงานที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ขยายความรู้และหาทางแก้ไขปัญหาด้วยตนเอง 4) ความร่วมมือของผู้เรียนที่ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนความคิด 5) สภาพแวดล้อมที่ให้ความเคารพและยินดีรับฟังความคิดเห็นของผู้เรียนในการแสดงออกถึงการ

คาดเดาและวิธีการทำงานที่ผู้เรียนเลือก (Mueller, Yankelewitz, และ Maher, 2014) ผู้วิจัยจึงเลือกใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งที่เกิดจากแนวคิดของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ร่วมกับทฤษฎีการโต้แย้ง ที่พัฒนาโดย Victor Sampson มีส่วนช่วยในการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลของผู้เรียน โดย Hidayat และคนอื่น ๆ (2018). ได้ทำการทดลองในวิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งพบว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งมีการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ของผู้เรียนเพิ่มขึ้น และพบการใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งในปริบทของการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลในวิชาอื่น เช่น ในวิชาวิทยาสาสตร์ ภัสราภรณ์ พริกชูผล (2561). ได้ทำการวิจัยเพื่อพัฒนาทักษะการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีพัฒนาการของความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ในระดับที่สูงขึ้น เช่นเดียวกับ ภัทราวรรณ ไชยมงคล (2560). ที่ทำการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน เพื่อศึกษาผลของการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ หลังการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง สามารถพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ของผู้เรียนได้ ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงได้สนใจศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้งเพื่อพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ของผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งผู้วิจัยได้พัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้งเพื่อพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ คือ กิจกรรมการเรียนการสอน แบบฝึกหัด และใบงาน พัฒนาแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ จำนวน 5 ข้อ จำนวน 1 ชุด และนำมาทดสอบกับตัวอย่าง ผู้เรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายประถม) จังหวัดกรุงเทพมหานคร โดยระยะเวลาของการทดสอบห่างกันครั้งละ 2 สัปดาห์ และนำผลที่ได้วิเคราะห์โดยใช้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง ดังภาพประกอบ 1 และภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพประกอบ 2 กรอบแนวคิดการวิเคราะห์โค้งพัฒนาการ

สมมติฐานการวิจัย

จากกรอบแนวคิดการวิจัย ผู้วิจัยได้ตั้งสมมติฐานว่า

1. ผลการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ของผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียนมีความแตกต่างกัน

2. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งมีอิทธิพลต่อคะแนนดั้งเดิม และอัตราพัฒนาการของความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ของผู้เรียน

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้

1. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ (Creative Mathematical Reasoning)

1.1 ความหมายของความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์

1.2 องค์ประกอบของความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์

1.3 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์

1.4 การพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์

1.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.5.1 งานวิจัยในประเทศ

1.5.2 งานวิจัยต่างประเทศ

2. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง (Argument-Driven Inquiry approach)

2.1 รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาความสามารถในการให้เหตุผล และ ความคิดสร้างสรรค์

2.2 ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

2.3 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

2.4 ขั้นตอนและวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

2.5 บทบาทผู้สอนในการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.6.1 งานวิจัยในประเทศ

2.6.2 งานวิจัยต่างประเทศ

3. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับโมเดลโค้งพัฒนาการแบบมีตัวแปรแฝง (Latent Growth Curve Models : LGC)

3.1 ความหมายของโมเดลโค้งพัฒนาการแบบมีตัวแปรแฝง

3.2 ลักษณะของโมเดลโค้งพัฒนาการแบบมีตัวแปรแฝง

3.3 ข้อตกลงเบื้องต้นของโมเดลโค้งพัฒนาการแบบมีตัวแปรแฝง

3.4 สัญลักษณ์ที่ใช้โมเดลโค้งพัฒนาการแบบมีตัวแปรแฝง

3.5 การพิจารณาความสอดคล้องของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง

3.6 ข้อดีและข้อจำกัดของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง

3.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.7.1 งานวิจัยในประเทศ

3.7.2 งานวิจัยต่างประเทศ

1. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ (Creative Mathematical reasoning)

1.1 ความหมายของความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์

จากการศึกษาเอกสารอ้างอิงพบว่ามีนักวิชาการเพียงกลุ่มเล็ก ๆที่ให้ความหมายของความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ดังนี้

Lithner, Johan (2006). ได้ระบุความหมายของความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ไว้ว่า เป็นการให้เหตุผลที่เกิดขึ้นจาก ความแปลกใหม่ (Novelty), ความยืดหยุ่น (Flexibility), ความน่าเชื่อถือ (Plausibility) และ ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Foundation) เพื่อให้ได้ซึ่งการยืนยันและข้อสรุป โดยไม่จำเป็นต้องใช้เหตุผลแบบนิรนัยเชิงตรรกะ แต่ต้องอาศัยความสมเหตุสมผลของพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ในการตอบข้อสรุปนั้นๆ ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์แตกต่างจากการให้เหตุผลแบบเดิม (แบบท่องจำ) คือ ความคิดสร้างสรรค์ที่ไม่มีต้นแบบให้ปฏิบัติตาม และมีความน่าเชื่อถือที่สนับสนุนจากข้อคิดเห็นและความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์

Palm Torulf, Boesen Jespe, Lithner Johan (2005). กล่าวว่าเมื่อเปรียบเทียบการใช้เหตุผลเชิงสร้างสรรค์ในวิชาคณิตศาสตร์กับการใช้เหตุผลเชิงลอกเลียนแบบ มีข้อควรพิจารณา คือ 1. การให้เหตุผลแบบใดที่มีความคิดสร้างสรรค์ และ 2. การให้เหตุผลแบบใดที่เป็นคณิตศาสตร์ความคิดสร้างสรรค์ถ้าพิจารณา ตามที่ Haylock (1997). กล่าวว่า การคิดอย่างแตกต่าง และการ

เอาชนะการแก้ไข และ การคำนึงถึงที่มาของผลลัพธ์ที่ต้องได้รับการยอมรับจากผู้คนส่วนใหญ่ ดังนั้นความคิดสร้างสรรค์ของการคิดงานประจำวันของผู้เรียนจึงมากกว่าการทำตามรูปแบบเดิม ๆ (การแสดงวิธีทำ) หรือทำตามการชี้แนะของผู้อื่นเท่านั้น จากการศึกษาพบว่าผู้วิจัยอ้างว่า จากข้อมูลของ (Silver, 1997)พบว่ามุมมองใหม่ของการวิจัยเชิงสร้างสรรค์เกี่ยวข้องกับความรู้ที่ลึกซึ้งและยืดหยุ่นในหลักการของเนื้อหาและเกี่ยวข้องกับการทำงานที่ได้ผ่านกระบวนการคิด การไตร่ตรองนานมากกว่ารวดเร็ว จากข้อมูลข้างต้นทำให้สิ่งที่แตกต่างของการใช้ เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์กับการให้เหตุผลทั่วไป คือ การเพิ่มแง่มุมของความน่าเชื่อถือและความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ที่สามารถพิสูจน์ได้ ซึ่ง Polya (1954).ให้ความเห็นว่าการให้เหตุผลนั้นสำคัญน้อยกว่าการพิสูจน์ข้อเท็จจริง เพราะ สิ่งที่สำคัญในการให้เหตุผล คือ การแยกหลักฐานออกจากการคาดเดา การทดลองในสิ่งที่ถูกต้องจากความพยายามที่ผิด ในการให้เหตุผลที่เชื่อถือได้สิ่งสำคัญคือการแยกความแตกต่างจากการเดา ซึ่งต้องผ่านการสอบถามหรือพูดคุยสั้นๆ เกี่ยวกับเหตุผลที่ผู้เรียนได้แสดงออกมา ว่าประกอบด้วยแนวคิดหรือองค์ประกอบใด คุณสมบัติขององค์ประกอบเหล่านั้นจะต้องได้รับการยอมรับจากหลักการทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้อง

Bergqvist (2006). ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์นั้นเกิดขึ้นเพื่อให้ผู้เรียนเชื่อมโยงงานหรือปัญหาที่ผู้เรียนมีโดยผ่านการฝึกฝน การแก้ปัญหา สามารถแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ การให้เหตุผลเชิงสร้างสรรค์แบบองค์รวม (Global Creative reasoning) และ การให้เหตุผลเชิงสร้างสรรค์เฉพาะเรื่อง (Local Creative reasoning) ส่วนการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์แบบลอกเลียนแบบสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ การให้เหตุผลแบบมีลำดับขั้นตอน และการให้เหตุผลแบบท่องจำ ดังแสดงในภาพประกอบ 3

ภาพประกอบ 3 แสดงองค์ประกอบของการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

ที่มา: Bergqvist (2006)

Olsson (2017). ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์หมายถึง การสร้างลำดับการให้เหตุผลในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยพิจารณาจากสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ และสร้างลำดับการให้เหตุผลเพื่อแก้ไขปัญหาอย่างถูกต้อง และสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในสถานการณ์อื่น ๆ ได้ และลำดับขั้นตอนเหล่านั้นต้องสามารถตรวจสอบได้ด้วยหลักการทางคณิตศาสตร์ เช่น $\frac{3}{4}$ มีค่ามากกว่า $\frac{10}{15}$ เนื่องจาก 3 ส่วนใน 4 ส่วน มีพื้นที่มากกว่า 10 ส่วน ใน 15 ส่วน ในตัวอย่างนี้เป็นการหาค่าของตัวเลขตามอัตราส่วน หากต้องการตอบคำถามเพื่ออธิบายว่าตัวเลขนั้นมีค่ามากที่สุด เมื่อพิจารณาจากขนาดของตัวเลขอาจไม่เพียงพอและอาจส่งผลให้เป็นคำตอบที่คลาดเคลื่อนจาก (ทั้ง 10 และ 15 มีขนาดใหญ่กว่า 3 และ 4)

Johansson (2017). ระบุว่า ความคิดสร้างสรรค์ คือ การแสดงออกที่มักจะใช้ในบริบทที่แตกต่างกันและไม่มีความชัดเจน สำหรับคำจำกัดความของการใช้เหตุผลประเภทต่าง ๆ จะมีการนำมุมมองของ (Haylock, 1997) และ (Silver, 1997) มาใช้สิ่งนี้แสดงถึงความคิดสร้างสรรค์นั้นถูกมองว่าเป็นกระบวนการคิดที่แปลกใหม่ยืดหยุ่นและคล่องแคล่ว ซึ่งความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ต้องประกอบด้วย ความแปลกใหม่ คือ มีการสร้างลำดับการให้เหตุผลใหม่หรือลำดับที่ถูกลืมจะถูกสร้างขึ้นใหม่ มีความน่าเชื่อถือ ข้อโต้แย้งที่สนับสนุนการเลือกกระบวนการและ การนำไปใช้ต้องมีแรงจูงใจว่าทำไมข้อสรุปเป็นเรื่องจริงหรือน่าเชื่อถือ และพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ ข้อโต้แย้งที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการให้เหตุผลคือ ต้องยึดในคุณสมบัติทางคณิตศาสตร์ที่แท้จริงของส่วนประกอบที่เกี่ยวข้องเหตุผล

Norqvist (2018) อธิบายว่าความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ไม่จำเป็นต้องแสดงการหาคำตอบในรูปแบบเดิม เช่น การท้าทาย ไม่มีการสำรวจหรือตัวอย่าง แต่จะต้องเป็นข้อมูลที่สร้างใหม่ และจำเป็นต้องใช้เหตุผลทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการตอบข้อสรุป (ผลลัพธ์) การพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์นั้น จะถูกพัฒนาเมื่อปัญหาถูกกำหนดเป็นงานที่ผู้เรียนไม่สามารถหาวิธีการแก้ปัญหาตั้งแต่เริ่มต้นหรือกล่าวได้ว่าไม่ใช่สิ่งที่ทำอยู่เป็นประจำ เช่น ว่า ปัญหาควรท้าทาย หรือต้องการการสืบเสาะและจำเป็นต้องใช้เหตุผลทางคณิตศาสตร์มาเป็นตัวช่วยในการอธิบาย

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องสรุปได้ว่า ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ หมายถึง การสร้างลำดับเหตุผลขึ้นมาใหม่ พิจารณาจากสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ และสร้างลำดับการให้เหตุผลเพื่อแก้ไขปัญหาอย่างถูกต้อง และสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในสถานการณ์อื่น ๆ ได้โดยเกิดขึ้นจาก ความแปลกใหม่ (Novelty) คือ มีการสร้างลำดับการให้เหตุผลใหม่หรือลำดับที่ถูกลืมไปแล้วจะถูกสร้างขึ้นใหม่ ความยืดหยุ่น (Flexibility)

คือ ส่วนหนึ่งของความคิดสร้างสรรค์ที่ประกอบกระบวนการคิดที่แปลกใหม่ยืดหยุ่นและคล่องแคล่ว ความน่าเชื่อถือ (Plausibility) คือ ข้อโต้แย้งที่สนับสนุนการเลือกกระบวนการและ การนำไปใช้ต้องมีแรงจูงใจว่าทำไมข้อสรุปเป็นเรื่องจริงหรือน่าเชื่อถือ และ ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Foundation) คือ ต้องยึดในคุณสมบัติทางคณิตศาสตร์ที่แท้จริงของส่วนประกอบที่เกี่ยวข้องเหตุผลเพื่อให้ได้ซึ่งการยืนยันและข้อสรุป โดยไม่จำเป็นต้องใช้เหตุผลแบบนิรนัยเชิงตรรกะ แต่ต้องอาศัยความสมเหตุสมผลของพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ในการตอบข้อสรุปนั้นๆ ซึ่งแตกต่างจากการให้เหตุผลแบบเดิม (แบบท่องจำ) คือ การแสดงวิธีคิดหรือวิธีทำ ที่ไม่มีแนวทางกำหนดให้ และมีความน่าเชื่อถือที่สนับสนุนจากข้อคิดเห็นและความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเกิดขึ้นจากการฝึกฝนการแก้ไขปัญหาอย่างสม่ำเสมอ

1.2 องค์ประกอบของความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์

ในเริ่มแรก Lithner (2006). ได้กำหนดองค์ประกอบของลำดับการให้เหตุผลที่เป็นการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์เป็น 4 องค์ประกอบ คือ

1) ความแปลกใหม่ หมายถึง วิธีการแก้ปัญหาที่ถูกสร้างขึ้น โดยไม่ยึดตามรูปแบบการให้เหตุผลเดิม ๆ

2) ความยืดหยุ่น หมายถึง ในการยอมรับวิธีการและการปรับตัวให้เข้ากับสถานการณ์ได้อย่างคล่องแคล่ว

3) ความน่าเชื่อถือ หมายถึง ข้อโต้แย้งที่สนับสนุนข้อสรุป สามารถระบุเหตุผลได้ว่า ทำไมข้อสรุปนั้นๆเป็นจริงหรือเชื่อถือได้

4) ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ข้อเท็จจริงหรือข้อสรุปที่ได้จะต้องตรงตามหลักการทางคณิตศาสตร์และมีองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องในเหตุผล

แต่ต่อมา Lithner (2008). ได้กำหนดองค์ประกอบของลำดับการให้เหตุผลที่เป็นการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์เหลือเพียงแค่ 3 ด้าน คือ

1) ความแปลกใหม่ ลำดับการให้เหตุผลใหม่ (สำหรับผู้ใช้เหตุผล) ถูกสร้างขึ้นใหม่หรือปรับปรุงจากการให้เหตุผลแบบเดิม ๆ

2) ความน่าเชื่อถือ มีข้อโต้แย้งที่สนับสนุนข้อสรุป และระบุเหตุผลว่า ทำไมข้อสรุป นั้น ๆ เป็นจริงหรือเชื่อถือได้

3) ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ ข้อเท็จจริงหรือข้อสรุปที่ได้จะต้องตรงตามหลักการทางคณิตศาสตร์และมีองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องในเหตุผล

Bergqvist (2006). กล่าวว่า องค์ประกอบการให้เหตุผลที่แยกความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์จากการใช้เหตุผลเชิงลอกเลียน (imitative reasoning) แบบคือความคิดสร้างสรรค์ ความน่าเชื่อถือและความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์เป็นองค์ประกอบสำคัญเป็นตัวบ่งชี้ที่แยกการให้เหตุผลทั้งสองแบบออกจากกัน และความน่าเชื่อถือ แนวคิดและความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์เป็นส่วนช่วยที่แยกความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์จากความคิดสร้างสรรค์ทั่วไป

ถ้าหากพิจารณาองค์ประกอบของความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์แยกเป็น 3 ส่วน จะได้แก่

1) ด้านความคิดสร้างสรรค์ โดยเชื่อว่านักคณิตศาสตร์อาจจะได้รับประโยชน์จากการพิจารณาความคิดสร้างสรรค์ที่เป็นไปได้ในกิจกรรมทางคณิตศาสตร์ เพื่อส่งเสริมผู้เรียนให้เกิดความคิดสร้างสรรค์เป็นหลัก และตามด้วยความยืดหยุ่นและความแปลกใหม่ การใช้เหตุผลเชิงสร้างสรรค์นั้นมีความยืดหยุ่นเนื่องจากเป็นการหลีกเลี่ยงการแก้ไขปัญหา (ข้อคำถาม , สถานการณ์) ด้วยเนื้อหาและวิธีการที่เฉพาะเจาะจง รวมทั้งยังเป็นเรื่องแปลกใหม่สำหรับผู้เรียน ซึ่งการใช้เหตุผลเชิงสร้างสรรค์ไม่ได้เชื่อมโยงกับความสามารถพิเศษเฉพาะตัวบุคคลของผู้เรียน

2) ความน่าเชื่อถือ ในการแก้ไขปัญหาทางคณิตศาสตร์ต่าง ๆ ผู้เรียนไม่จำเป็นคำนึงถึงต้องความถูกต้องของการแก้ปัญหา เพื่อให้ผู้เรียนได้ฝึกการคาดเดา และใช้คำถามทางคณิตศาสตร์ แนวคิดและข้อโต้แย้งต่าง ๆ มาใช้ เพราะการในให้เหตุผลที่ไม่จำเป็นต้องเข้มงวดเหมือนในการพิสูจน์ เพราะ คุณภาพของการให้เหตุผลนั้นขึ้นอยู่กับการเชื่อมโยงกับบริบทในสถานการณ์ที่ถูกกำหนดขึ้นเท่านั้น การพิสูจน์แนวคิดจึงเป็นส่วนช่วยในการยืนยันความน่าเชื่อถือของการให้เหตุผลนั้น ๆ

3) ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ กระบวนการที่ใช้เพื่อแสดงว่าสิ่งที่ผู้เรียนแสดงออกมานั้นมีความน่าเชื่อถือ สามารถนำไปใช้ได้หรือไม่นั้น มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ จะเป็นองค์ประกอบที่ทำให้การให้เหตุผลนั้นเป็นที่ยอมรับกรอบการแก้ปัญหาที่มีรากฐานทางคณิตศาสตร์จะสร้างให้เกิดคุณสมบัติทางคณิตศาสตร์ที่แท้จริงขององค์ประกอบที่เกี่ยวข้องในการใช้เหตุผลนั้น

ส่วน Norqvist (2018). กล่าวว่าองค์ประกอบที่ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ที่แตกต่างจากการให้เหตุผลแบบอื่น ๆ จำเป็นต้องยึดหลัก 3 ประการ คือ

1) ความคิดสร้างสรรค์ (Creativity) ผู้เรียนสร้างลำดับการให้เหตุผลที่ไม่เคยมีประสบการณ์มาก่อน หรือสร้างใหม่จากสิ่งที่ถูกลืมไปแล้ว

2) ความน่าเชื่อถือ (Plausibility) คือ มีข้อโต้แย้งที่สนับสนุนการเลือกกระบวนการ ต้องตรวจสอบ และอธิบายได้ว่าทำไมการนำกระบวนการไปใช้ รวมถึงข้อสรุปนั้นเป็นเรื่องจริงหรือไม่

3) การยึด (Anchoring) การโต้แย้งจะยึดในคุณสมบัติทางคณิตศาสตร์ที่แท้จริงของส่วนประกอบของการให้เหตุผล

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องพบว่าการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์มีองค์ประกอบที่ได้ผู้วิจัยให้การยอมรับทั้งหมด 3 องค์ประกอบ คือ

1) ความแปลกใหม่ หรือความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง การสร้างลำดับการให้เหตุผลขึ้นมาใหม่โดยผู้เรียน ซึ่งอาจจะเป็นสร้างขึ้นใหม่หรือปรับปรุงจากการให้เหตุผลแบบเดิมโดยอาศัยความยืดหยุ่น จากการหลีกเลี่ยงการแก้ไขปัญหาด้วยเนื้อหาหรือวิธีการที่เฉพาะเจาะจง

2) ความน่าเชื่อถือ หมายถึง ลำดับการให้เหตุผลหรือคำอธิบายที่สร้างขึ้นต้องมีข้อโต้แย้งที่สนับสนุนข้อสรุป และระบุเหตุผลได้ว่าทำไมข้อสรุปนั้น ๆ เป็นจริงหรือเชื่อถือได้

3) ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ข้อเท็จจริงหรือข้อสรุปที่ได้จะต้องตรงตามหลักการทางคณิตศาสตร์และมีองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องในเหตุผลที่อ้างถึง

1.3 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์

ความคิดสร้างสรรค์ในวิชาคณิตศาสตร์ถูกจำกัดด้วยทฤษฎีและการคิดแก้ปัญหาในรูปแบบเดิม ๆ ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องที่สะท้อนให้เห็นว่า ผู้สอนสามารถพัฒนาให้ผู้เรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ในวิชาคณิตศาสตร์ได้ คือ ทฤษฎีการคิดใหม่ตามแนวคิดของบลูม (A Revision of Bloom's Taxonomy)

1.3.1 ทฤษฎีการคิดใหม่ตามแนวคิดของบลูม (A Revision of Bloom's Taxonomy) Anderson (2014). ได้ปรับปรุงการจำแนกจุดมุ่งหมายทางการศึกษาของบลูมขึ้นใหม่ให้นำไปใช้ได้ตรงตามวัตถุประสงค์มากขึ้น โดยมีการปรับปรุงมิติของการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยจาก 1 มิติ เป็น 2 มิติ เพื่ออธิบายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่กล่าวถึงเนื้อหา และอธิบายการกระทำที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหานั้น คือ มิติด้านความรู้ (The Knowledge Dimension) ใช้เป็นคำนาม และอีกมิติหนึ่งคือ มิติด้านกระบวนการทางพุทธิปัญญา (The Cognitive Process Dimension) ใช้เป็นคำกิริยา ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการให้ผู้เรียนสามารถบรรลุผลส่งผลให้ผู้สอนสามารถกำหนดวัตถุประสงค์หรือจุดมุ่งหมายในการเรียนรู้ได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น และยังส่งผลต่อการสร้างเครื่องมือ

วัดและประเมินผลการเรียนรู้ได้ตรงตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้ (Krathwohl, 2002) ซึ่งส่วนที่ปรับปรุงที่ได้แนวคิดจากทฤษฎีการคิดแบบดั้งเดิมตามแนวคิดของบลูม จะอยู่ในมิติด้านกระบวนการทางพุทธิปัญญา (The Cognitive Process Dimension) มิติด้านพุทธิปัญญาเป็นการกระทำที่ผู้สอนมุ่งหวังให้ผู้เรียนสามารถเกิดขึ้นเมื่อได้รับองค์ความรู้ (เนื้อหา)ที่กำหนดให้ จึงมีการกำหนดขั้นของมิติด้านกระบวนการทางพุทธิปัญญาให้อยู่ในรูปของคำกิริยา สอดคล้องกับทฤษฎีการคิดดั้งเดิมตามแนวคิดของบลูมที่เป็นคำนาม โดยปรับ 3 ขั้นแรก เปลี่ยนชื่อ จากความรู้ (Knowledge) เป็น การจำ (Remember) จากความเข้าใจ (Comprehension) เป็น การเข้าใจ (Understand) และจากการนำไปใช้ (Application) เป็น การประยุกต์ใช้ (Apply) และมีการเปลี่ยนลำดับ ระหว่างขั้นที่ 5 การสังเคราะห์ (Synthesis) และ ขั้นที่ 6 การประเมินค่า (Evaluation) และเปลี่ยนชื่อจากสังเคราะห์ (Synthesis) เป็น การสร้างสรรค์ (Create) เพื่อความเหมาะสมในการใช้ในวัตถุประสงค์การเรียนรู้ ดังตารางที่ผู้วิจัยสรุปไว้ ดังนี้

ตาราง 1 แสดงการเปรียบเทียบกระบวนการทางพุทธิปัญญาของบลูมแบบดั้งเดิมและแบบปรับปรุงใหม่

แบบดั้งดิม Bloom's original taxonomy 1956	แบบปรับปรุงใหม่ Bloom's Revised taxonomy 2001
1. ความรู้ (Knowledge)	1. การจำ (Remember)
2. ความเข้าใจ (Comprehension)	2. การเข้าใจ (Understand)
3. การนำไปใช้ (Application)	3. การประยุกต์ใช้ (Apply)
4. การวิเคราะห์ (Analysis)	4. การวิเคราะห์ (Analyze)
5. การสังเคราะห์ (Synthesis)	5. การประเมินค่า (Evaluate)
6. การประเมินค่า (Evaluation)	6. การสร้างสรรค์ (Create)

ที่มา: Anderson (2014); Bloom (1956)

โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. การจำ (Remember) หมายถึง ความสามารถในการนำเอาความรู้ที่มีอยู่ในหน่วยความจำระยะยาวออกมาใช้ มี 2 ลักษณะ คือ 1) จำได้ 2) ระลึกได้

คำที่ระบุในวัตถุประสงค์การเรียนรู้เพื่อประเมินผลการเรียนรู้ด้านจำ ได้แก่ ให้คำจำกัดความ จำลอง จัดทำรายการ จดจำ ระลึก ทำซ้ำ คัดลอก

2. การเข้าใจ (Understand) หมายถึง ความสามารถในการกำหนดความหมายของคำพูด ตัวอักษร และการสื่อสารจากสื่อต่าง ๆ ที่เป็นผลมาจากการสอน แบ่งได้ 7 ลักษณะ คือ

1) ตีความ 2) ยกตัวอย่าง 3) จำแนกประเภท 4) สรุป 5) อนุมาน 6) เปรียบเทียบ 7) อธิบาย

คำที่ระบุในวัตถุประสงค์การเรียนรู้เพื่อประเมินผลการเรียนรู้ด้านเข้าใจ ซึ่งผู้เรียนสามารถอธิบายความคิดหรือความคิดรวบยอดได้ ได้แก่ แยกหมวดหมู่ บรรยาย อภิปราย ชี้แจง เหตุผล จำแนก ระบุที่ตั้ง จำแนกออก รายงาน คัดเลือก แปลความ การถอดความ

3. การประยุกต์ใช้ (Apply) หมายถึง ความสามารถในการดำเนินการหรือใช้ระเบียบวิธีการ ภายใต้สถานการณ์ที่กำหนดให้ แบ่งได้ 2 ลักษณะ ดังนี้ 1) ดำเนินงาน 2) การนำไปใช้

คำที่ระบุในวัตถุประสงค์การเรียนรู้เพื่อประเมินผลการเรียนรู้ด้านประยุกต์ใช้ ซึ่งผู้เรียนสามารถนำข้อมูลไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่ต่างไปจากเดิมได้ ได้แก่ เลือก แสดง ละคร ฝึกปฏิบัติงาน อธิบายพร้อมยกตัวอย่าง ปฏิบัติการ กำหนดการทำงาน ร่าง แก้ปัญหา ใช้ เขียน

4. การวิเคราะห์ (Analyze) หมายถึง ความสามารถในการแยกส่วนประกอบของสิ่งต่างๆ และค้นหาความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบ ความสัมพันธ์ระหว่างของส่วนประกอบกับโครงสร้าง รวมหรือส่วนประกอบเฉพาะ แบ่งได้ 3 ลักษณะ ดังนี้ 1) บอกความแตกต่าง 2) จัดโครงสร้าง 3) ระบุคุณลักษณะ

คำที่ระบุในวัตถุประสงค์การเรียนรู้เพื่อประเมินผลการเรียนรู้ด้านวิเคราะห์ ซึ่งผู้เรียนสามารถจำแนกความแตกต่างระหว่างส่วนต่าง ๆ ได้ ได้แก่ ประเมินค่า เปรียบเทียบ แตกต่าง วิจารณ์ จำแนก แบ่งแยก วินิจฉัยแยกแยะ ตรวจสอบ ทดลอง

5. การประเมินค่า (Evaluate) หมายถึง ความสามารถในการตัดสินใจโดยอาศัยเกณฑ์หรือ มาตรฐาน แบ่งได้ 2 ลักษณะ ดังนี้ 1) ตรวจสอบ 2) วิพากษ์วิจารณ์

คำที่ระบุในวัตถุประสงค์การเรียนรู้เพื่อประเมินผลการเรียนรู้ด้านประเมินค่า ซึ่งผู้เรียนสามารถพิสูจน์หรือตัดสินใจได้ ได้แก่ ประเมินค่า อภิปราย แก้ต่าง พิจารณาตัดสิน เลือก สนับสนุน ให้คุณค่า และประเมินค่า

6. การสร้างสรรค์ (Create) หมายถึง ความสามารถในการรวมส่วนประกอบต่างๆ เข้าด้วยกันด้วยรูปแบบใหม่ๆ ที่มีความเชื่อมโยงกันอย่างมีเหตุผล หรือทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นต้นแบบ แบ่งได้ 3 ลักษณะ ดังนี้ 1) สร้าง 2) วางแผน 3) ผลิต

คำที่ระบุในวัตถุประสงค์การเรียนรู้เพื่อการประเมินผลการเรียนรู้ด้านสร้างสรรค์ ซึ่งผู้เรียนสามารถสร้างผลิตภัณฑ์ หรือความคิดมุมมองใหม่ๆได้ ได้แก่ รวบรวม (Assemble) สร้างสร้างสรรค์ ออกแบบ พัฒนา คิดสูตร - คิดระบบ และการเขียน

ในวิชาคณิตศาสตร์การตั้งคำถามโดยใช้ระดับที่สูงขึ้นของ Bloom คือ การวิเคราะห์ การประเมินค่า และความคิดสร้างสรรค์ เพื่อถามระหว่างการเรียนการสอน จะช่วยให้พัฒนาผู้เรียนเป็นนักแก้ปัญหาที่ดีขึ้น ด้วยการให้ผู้เรียนอธิบายคำตอบที่ได้โดยใช้คำศัพท์ แผนผังความคิด การวาดภาพ หรือการเขียนสมการ เพื่อตรวจสอบว่าผู้เรียนสามารถเข้าใจมโนทัศน์ หรือแนวคิดในเรื่องที่เรียนจริงหรือไม่ รวมทั้งยังเป็นการพัฒนาให้ผู้เรียนมีทักษะการคิดขั้นสูงด้วย นอกจากนี้การเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ซักถามเกี่ยวกับข้อสงสัยต่าง ๆ ในเริ่มแรกอาจจะเป็นคำถามง่ายๆ แต่เมื่อเวลาผ่านไปผู้เรียนจะเริ่มตั้งคำถามและข้อสงสัยได้ดีขึ้น ซึ่งจากการตั้งคำถามผู้เรียนจะสามารถอธิบายคำตอบของคำถามเหล่านั้นได้ด้วยตนเองจากการคิดตาม การตั้งคำถามควรใช้อย่างมีจุดประสงค์เพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่กำหนดไว้ ผู้สอนจึงควรเปลี่ยนระดับขั้นของคำถามไปเรื่อย ๆ ภายในบทเรียนเดียว ดังนี้

ตาราง 2 แสดงจุดประสงค์ของระดับขั้นคำถามของบลูมแบบปรับปรุงใหม่

ระดับขั้นของคำถาม	จุดประสงค์
1. การจำ (Remember)	• ประเมินความพร้อมและความเข้าใจของผู้เรียน
2. การเข้าใจ (Understand)	• วิเคราะห์จุดแข็งและจุดอ่อนของผู้เรียน
3. การประยุกต์ใช้ (Apply)	• ตรวจสอบและสรุปเนื้อหา
4. การวิเคราะห์ (Analyze)	• กระตุ้นให้ผู้เรียนคิดอย่างลึกซึ้งและแปลกใหม่
5. การประเมินค่า (Evaluate)	• กระตุ้นการอธิบายวิธีการแก้ปัญหา
6. การสร้างสรรค์ (Create)	• กระตุ้นผู้เรียนให้ค้นหาข้อมูลด้วยตนเอง

ที่มา : Bostock และ Wood (2012)

เมื่อนำลักษณะของขั้นการคิดแบบบลูมใหม่มาเชื่อมโยงกับวิชาคณิตศาสตร์ สามารถแสดงได้ ดังในตารางที่ 3

ตาราง 3 แสดงลักษณะของขั้นการคิดแบบบลูมใหม่เมื่อเชื่อมโยงกับวิชาคณิตศาสตร์

ระดับขั้น	การกระทำบ่งชี้	ตัวอย่างข้อคำถาม
		การคิดระดับสูง
การสร้างสรรค์ (Create)	การออกแบบ การสร้าง การวางแผน การผลิต การประดิษฐ์ การคิดค้น	เป็นการออกแบบแนวคิดหรือวิธีการคิดแบบใหม่ๆ เพื่อใช้ในการหาคำตอบ ตัวอย่างข้อคำถาม เช่น - ให้ผู้เรียนบอกจำนวนของเหรียญที่อยู่ในเหยือกโดยที่ไม่ต้องนับ พร้อมอธิบายวิธีคิด โดยใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ และออกแบบวิธีการตรวจคำตอบ
การประเมินค่า (Evaluate)	การตรวจสอบ การตั้งสมมติฐาน การวิจารณ์ การทดลอง การตัดสิน การทดสอบ การตรวจจับ การตรวจสอบ	เป็นการประเมิน และตัดสินผลของสิ่งที่ลงมือทำ โดยเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ตัวอย่างข้อคำถาม เช่น - ให้ผู้เรียนพัฒนาการตรวจคำตอบ และพิสูจน์ในแต่ละขั้นตอน - ผู้เรียนมีเกณฑ์อะไรในการตัดสินว่าคำตอบที่ผู้เรียนได้นั้นถูกต้อง อธิบายโดยละเอียด - ผู้เรียนคิดว่าทำไมขวดน้ำจึงต้องเป็นทรงกระบอก
การวิเคราะห์ (Analyze)	การเปรียบเทียบ การจัดระเบียบ การแยกโครงสร้าง เจตนารมณ์ การสรุปความ การบูรณาการ	เป็นการจำแนกข้อมูลออกเป็นส่วนๆ เพื่อสำรวจความเข้าใจและความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มี ตัวอย่างข้อคำถาม เช่น - ให้ผู้เรียนอธิบายความสัมพันธ์ของ 0.05 กับ $\frac{1}{20}$ - 0.025 กับ $\frac{10}{100}$ จำนวนใดมีค่ามากกว่า และมากกว่ากันอย่างไร - ให้ผู้เรียนออกแบบวิธีการเปรียบเทียบเศษส่วนและแสดงผลในรูปกราฟ

ระดับขั้น	การกระทำบ่งชี้	ตัวอย่างข้อคำถาม
	การคิดระดับพื้นฐาน	
การประยุกต์ใช้ (Apply)	การดำเนินการการดำเนินงาน การใช้งาน	เป็นนำข้อมูลที่มีอยู่ มาทำให้อยู่ในรูปของรูปธรรม ตัวอย่างข้อคำถาม เช่น - ให้ผู้เรียนวาดภาพให้สัมพันธ์กับเศษส่วนที่กำหนดให้ - ให้ผู้เรียนวาดภาพ หรือถ่ายภาพสิ่งของที่มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน
การเข้าใจ (Understand)	การตีความ การยกตัวอย่าง การสรุป การอนุมาน การถอดความ การจำแนก การเปรียบเทียบ การอธิบาย	เป็นการเข้าใจความหมายของสิ่งที่กำหนดให้ ตัวอย่างข้อคำถาม เช่น - จากจำนวนที่กำหนดให้ จำนวนใดเป็นเศษส่วนอย่างต่ำ - จากภาพ ให้ผู้เรียนหาพื้นที่ของวงกลมที่กำหนดให้ - ให้ผู้เรียนบอกชื่อสิ่งของที่มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมรูปว่าว
การจำ (Remember)	ตระหนักถึง อธิบาย ระบุ การดึงข้อมูล การตั้งชื่อ ตำแหน่ง การหาความหมาย	เป็นการจดจำ หรือจำได้ถึงสิ่งที่ได้เรียนมา ตัวอย่างข้อคำถาม เช่น - ให้ผู้เรียนบอกสูตรที่ใช้ในการหาพื้นที่สี่เหลี่ยมใด ๆ - ให้ผู้เรียนบอกจำนวนที่เป็นเศษส่วนมาอย่างน้อย 5 จำนวน - ให้ผู้เรียนบอกลักษณะของรูปสี่เหลี่ยมรูปว่าว

ที่มา : Shorser (2010)

จากการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง พบว่าการสร้างสรรค์เป็นระดับของการคิดที่เป็นขั้นสูงที่สุด หากผู้เรียนสามารถสร้างสรรค์ผลงาน หรือ วิธีการคิดที่แปลกใหม่ได้ ผู้เรียนจะต้องใช้การคิดในระดับพื้นฐาน เช่น จำ เข้าใจ ประยุกต์ใช้ และรวมไปถึงการประเมินค่าความรู้ที่มีเพื่อสร้างสรรค์

ออกมาเป็นลำดับการให้เหตุผลของตนเองได้ ซึ่งสอดคล้องกับองค์ประกอบของการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ ที่ผู้เรียนสามารถสร้างลำดับการให้เหตุผลแบบใหม่ในรูปแบบของตนเองจากโจทย์หรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ โดยใช้ความรู้ใหม่ ประสบการณ์เดิม หรือปรับปรุงจากลำดับการให้เหตุผลที่เคยมีมา

1.4 การพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์

ในการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ ผู้วิจัยพบว่าความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน เกิดขึ้นบนพื้นฐานของการลอกเลียนแบบ เมื่อผู้เรียนได้พยายามที่จะอธิบายหรืออภิปรายปัญหาด้วยเหตุผลต่าง ๆ กระบวนการที่เกิดขึ้นนั้นจะเป็นการแบ่งแยกลำดับการให้เหตุผลออกจากกระบวนการคิดที่ผู้เรียนสร้างขึ้น ซึ่งกระบวนการคิดของผู้เรียนจะมีความแตกต่างกันไปตามประสบการณ์และสภาพแวดล้อมทางสังคมที่ผู้เรียนได้พบ (Lithner, 2008). การพัฒนาการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ Mueller (2014). ได้เสนอแนวทางว่าในการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ จะต้องประกอบด้วย ผู้เรียนที่มีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้ ผู้สอนที่สร้างเสริมและสนับสนุนความคิดและการแสดงออกของผู้เรียน ภาระงานที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ขยายความรู้ และหาทางแก้ไขปัญหาด้วยตนเอง ความร่วมมือของผู้เรียนที่ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนความคิด และสภาพแวดล้อมที่ให้ความเคารพและยินดีรับฟังความคิดเห็นของผู้เรียนในการแสดงออกถึงการคาดเดาและวิธีการทำงานที่ผู้เรียนเลือก ซึ่งภายใต้เงื่อนไขเหล่านี้จะสร้างให้ผู้เรียนพัฒนาความมั่นใจในความสามารถในการแก้ปัญหาและให้เหตุผลสำหรับการแก้ปัญหาที่ใช้รูปแบบการพิสูจน์

ภาพประกอบ 4 แสดงที่มาของการให้เหตุผล

ที่มา : Lithner (2008)

ในการจัดการเรียนรู้ลักษณะของคำถาม หรือภาระงานที่มอบให้ผู้เรียนควรเป็นลักษณะของข้อคำถามปลายเปิดที่ท้าทาย สามารถมีวิธีการแก้ปัญหาหลากหลายวิธี ขณะเดียวกันก็สามารถส่งเสริมให้เกิดข้อแลกเปลี่ยน ข้อโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ ในขณะที่ผู้เรียนทำงานร่วมกัน

นอกจากนี้ข้อคำถามยังต้องมีความแปลกใหม่สำหรับผู้เรียน ที่จะทำให้ผู้เรียนได้สืบค้นและตอบคำถามด้วยความรู้ทางคณิตศาสตร์ของตนเอง การตั้งคำถามของผู้สอนมีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมความเข้าใจของผู้เรียน การสร้างความรู้ใหม่รวมถึงการแบ่งปันความคิด จึงต้องให้ความสำคัญของการตั้งคำถามในการสร้างสภาพแวดล้อมที่ส่งเสริมความเข้าใจทางคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา ผู้สอนควรตระหนักถึงประเภทของคำถามที่ใช้และวัตถุประสงค์ในการถามคำถามเหล่านี้ การตั้งคำถามอย่างเชี่ยวชาญและเกี่ยวกับการคิดของผู้เรียน รวมถึงการติดตามการแก้ปัญหาผู้เรียนสามารถช่วยให้ผู้สอนมีความเข้าใจที่ลึกซึ้งยิ่งขึ้นในการพัฒนาความคิดทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนและช่วยพัฒนาความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน (Mueller และคนอื่น ๆ, 2014)

Sahin และ Kulm (2008). ได้พัฒนาแบบโมเดลการวัดสำหรับการตั้งคำถามของผู้สอน โดยพิจารณาจากคำถาม 3 ประเภท คือ

1) คำถามเพื่อการพิสูจน์ เป็น คำถามที่ให้ผู้เรียนอธิบายการคิดของตน นำเสนอเหตุผลหรือหลักฐานและใช้ความรู้เดิม คำถามเหล่านี้จะช่วยในการการขยายความเข้าใจผู้เรียนและกระตุ้นให้รู้จักการเชื่อมโยงแนวคิดใหม่ ๆ กับแนวคิดและความรู้ก่อนหน้านี้

2) คำถามเพื่อการชี้แนะ เป็นคำถามที่ต้องการเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาของผู้เรียน โดย ถามถึงวิธีการแก้ไข กลยุทธ์หรือขั้นตอน ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนเข้าใจแนวคิด ซึ่งคำถามประเภทนี้สนับสนุนผู้เรียนในการสร้างข้อสรุปของตนเอง และส่งเสริมแนวคิดทางคณิตศาสตร์

3) คำถามเชิงข้อเท็จจริง เป็นถามถึงข้อเท็จจริง หรือคำจำกัดความ รวมถึงคำตอบ และความเป็นไปได้ที่จะเกิดขึ้นต่อไปของปัญหาที่กำหนด

บทบาทของผู้สอนในการพัฒนาการให้เหตุผลทาง Maher และ Martino (1996). ได้เสนอว่าควรลดบทบาทของผู้สอนในชั้นเรียนลง เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็นและแบ่งปันความรู้ร่วมกัน โดยผู้สอนมีหน้าที่อำนวยความสะดวก อธิบายข้อโต้แย้งหรือข้อเสนอให้มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น รวมถึงเป็นผู้กระตุ้นให้ผู้เรียนแสดงความคิดเห็นและข้อโต้แย้งด้วยตนเอง และเมื่อผู้เรียนแสดงความเห็น หรือตอบคำถาม ผู้สอนควรมีทักษะในการฟังและจับใจความว่าข้อคิดเห็น หรือคำตอบเหล่านั้นมีความเป็นไปได้ในตามหลักการคณิตศาสตร์หรือไม่ และอีกบทบาทคือการสร้างให้เกิดการรวมกันทางคณิตศาสตร์ในผู้เรียน เนื่องจากธรรมชาติของการให้เหตุผล และความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ เกิดจากการแลกเปลี่ยนเรียนรู้เพื่อสืบเสาะหาข้อเท็จจริงและกระบวนการแก้ปัญหา

สภาพแวดล้อมที่ส่งเสริมการพัฒนาการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนควรเป็นห้องเรียนที่สร้างให้ผู้เรียนรู้จักการพูด และลงมือทำในสภาวะที่ผู้เรียนได้โต้แย้ง นำเสนอความคิดและการคาดคะเนซึ่งกันและกัน Ellis (2011). เชื่อว่าผู้สอน ผู้เรียนและภาระงานจะส่งเสริมการให้เหตุผลเมื่อได้ทำงานร่วมกัน และการนำเสนอแนวคิดในที่สาธารณะยังเป็นการส่งเสริมให้เกิดความสามารถในการให้เหตุผล หรือความกระจ่างในการสร้างแนวความคิดทางคณิตศาสตร์ และ Granberg และ Olsson (2015) ระบุว่าการที่ผู้เรียนได้สร้างลำดับการให้เหตุผลขึ้น นั่นถือว่าเป็นการแสดงออกถึงความคิดสร้างสรรค์ ถ้าหากผู้เรียนแสดงให้เห็นถึงข้อเท็จจริง และถูกต้องตามหลักการทางคณิตศาสตร์

1.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.5.1 งานวิจัยในประเทศ

ผู้วิจัยยังไม่พบงานวิจัยในประเทศไทยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ พบเพียงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการให้เหตุผล และความคิดสร้างสรรค์ ดังนี้

ธิติมา อุดมพรมนตรี (2555) ได้ทำการศึกษาปัจจัยบางประการที่ส่งผลต่อความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ในนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 579 คน โดยใช้เครื่องมือเก็บรบรวมข้อมูล คือ แบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ แบบสอบถามวัดการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ แบบสอบถามวัดเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ แบบสอบถามวัดการรับรู้ความสามารถของตนเองด้านคณิตศาสตร์ แบบสอมถามวัดแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ และแบบสอบถามวัดพฤติกรรมการเรียนคณิตศาสตร์ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์โดยใช้การถดถอยพหุคูณแบบตัวแปรพหุนามและทำการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบตัวแปรเอกนาม พบว่า ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์กับกลุ่มตัวแปรปัจจัย ได้แก่ การจัดการเรียนรู้แบบเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ การรับรู้ความสามารถของตนเองด้านคณิตศาสตร์ แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ พฤติกรรมการเรียนคณิตศาสตร์

สิทธิกร เรืองศรี (2560) ได้ทำการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่เน้นสถานการณ์ปัญหาคณิตศาสตร์ในชีวิตจริง เรื่อง อนุพันธ์และการประยุกต์ของอนุพันธ์ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลและการเห็นคุณค่าในวิชาคณิตศาสตร์ ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยมีจุดมุ่งหมายของการวิจัยเพื่อ เปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่เน้นสถานการณ์ปัญหาคณิตศาสตร์ในชีวิตจริง เรื่อง อนุพันธ์และการประยุกต์ของอนุพันธ์และเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70

และเปรียบเทียบการเห็นคุณค่าในวิชาคณิตศาสตร์ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่เน้นสถานการณ์ปัญหาคณิตศาสตร์ในชีวิตจริง ตัวอย่างที่ใช้ เป็นผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 1 ห้องเรียน มีผู้เรียน 39 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่เน้นสถานการณ์ปัญหาคณิตศาสตร์ในชีวิตจริง เรื่อง อนุพันธ์และการประยุกต์ของอนุพันธ์ แบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ และ แบบวัดการเห็นคุณค่าในวิชาคณิตศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า ผู้เรียนมีระดับความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่เน้นสถานการณ์ปัญหาคณิตศาสตร์ในชีวิตจริงสูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ และสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 77.41 และ ผู้เรียนมีระดับการเห็นคุณค่าในวิชาคณิตศาสตร์หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่เน้นสถานการณ์ปัญหาคณิตศาสตร์ในชีวิตจริงสูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผู้วิจัยได้อธิบายเหตุผลที่ทำให้ผลของการวิจัยเป็นเช่นนี้ว่า การประยุกต์ใช้สถานการณ์ในชีวิตประจำวัน รวมถึงกระบวนการที่ให้ผู้เรียนได้อภิปราย แลกเปลี่ยนความคิดซึ่งกันและกัน ร่วมกับใบกิจกรรมที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนเกิดการคิดวิเคราะห์ เช่น ข้อมูลที่กำหนดให้มีข้อมูลใดไม่จำเป็นบ้าง หรือสถานการณ์ที่กำหนดให้เชื่อมโยงกับวิชาคณิตศาสตร์อย่างไร วิธีการเหล่านี้ทำให้ผู้เรียนสามารถใช้การสืบสอบสามารถพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนได้

ละมัย แก้วสวรรค์ (2558) ได้ทำการศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อ ทำการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนกลุ่มทดลองระหว่างก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ และเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ กับกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติภายหลังการควบคุมตัวแปรพื้นฐาน ความรู้เดิมทางคณิตศาสตร์ ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ ผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวัดใต้ (ราษฎรนิรมิต) และโรงเรียนหัวหมาก สังกัดสำนักงานเขตสวนหลวง กรุงเทพมหานคร ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2556 จำนวน 78 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ แบบทดสอบพื้นฐานความรู้เดิมทางคณิตศาสตร์ แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีค่าแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบสมมติฐานใช้ การวิเคราะห์ความแปรปรวนตัวแปรพหุนาม

(Multivariate Analysis of Variance : MANOVA) และ การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมตัวแปรพหุนาม (Multivariate Analysis of Covariance : MANCOVA) โดยใช้คะแนนพื้นฐานความรู้เดิมทางคณิตศาสตร์เป็นตัวแปรร่วม ผลการวิจัยพบว่า ผู้เรียนมีคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง บทประยุกต์ หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผู้เรียนมีคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง บทประยุกต์ หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ สูงกว่าผู้เรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จากผลการวิจัยผู้วิจัยได้สรุปว่า ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์เพิ่มขึ้น เนื่องจากผู้เรียนได้ร่วมกิจกรรมที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง เพื่อสร้างความรู้ขึ้นใหม่ด้วยการไตร่ตรอง จากใบความรู้ที่ผู้วิจัยเตรียมให้ จากนั้นจึงใช้ความเรียนรู้แบบร่วมมือ ระดมความคิดเชื่อมโยงความรู้จากข้อมูล และความรู้และประสบการณ์เดิมที่ผู้เรียนมีอยู่ ผู้สอนจะมีหน้าที่สร้างแรงจูงใจ และช่วยเหลือผู้เรียน ซึ่งนอกจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนและกระบวนการจัดการเรียนรู้โดยอาศัยแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ยังช่วยให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์อีกด้วย

1.5.2 งานวิจัยต่างประเทศ

Johansson (2017). ได้ทำการศึกษาความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ของผู้เรียนในการแก้ปัญหาวิชาฟิสิกส์ โดยการเปรียบเทียบระหว่างความน่าจะเป็นแบบมีเงื่อนไขและไม่มีเงื่อนไขที่จะแก้ปัญหาในวิชาฟิสิกส์ที่ต้องการการใช้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ประเภทต่าง ๆ เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ คือ แบบทดสอบฟิสิกส์ระดับชาติสำหรับโรงเรียนมัธยมปลาย 8 ฉบับ ผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่าหากผู้เรียนสามารถแก้ปัญหาที่ต้องใช้การคิดเชิงคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ ความน่าจะเป็นในการแก้ปัญหางานอื่น ๆ ในการทดสอบเดียวกันเพิ่มขึ้น การเพิ่มขึ้นนี้จะสูงกว่า ถ้าผู้เรียนประสบความสำเร็จในงานที่ไม่ต้องใช้การคิดเชิงคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ ผลลัพธ์นี้ แสดงให้เห็นว่าหากผู้เรียนสามารถใช้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์พวกเขามีความสามารถในการใช้ ความรู้ในสถานการณ์อื่น ๆ และทำให้ประสบความสำเร็จมากขึ้นในการทดสอบ

Jonsson, Kulaksiz, และ Lithner (2016) ได้ทำการเปรียบเทียบความสามารถในการเรียนคณิตศาสตร์ของผู้เรียนได้รับการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์กับผู้เรียนที่ได้รับการสอนในรูปแบบปกติ โดยใช้ชุดฝึกการแก้ไขปัญหาทางคณิตศาสตร์

จำนวน 14 ชุด ผู้เรียนในกลุ่มที่รับการสอนแบบปกติจะได้รับโจทย์จำนวน 5 ข้อย่อย จำนวน 14 ชุด ในชุดฝึกจะมีตัวอย่างของการแสดงวิธีการแก้ปัญหา และสูตรการคิดให้ดูเป็นตัวอย่าง ส่วนผู้เรียนในกลุ่มที่ได้รับการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ได้รับโจทย์จำนวน 3 ข้อย่อย จำนวน 14 ชุด โดยไม่มีการชี้นำ จัดเตรียมไว้เพื่อแก้ไขโจทย์ หลักจากการฝึก ผู้วิจัยได้ให้ผู้เรียนทั้งสองกลุ่มทดสอบโดยใช้แบบทดสอบที่เหมือนกันทั้งสองกลุ่ม แบบทดสอบแบ่งออกเป็น 3 ตอน 1) การทดสอบสูตร 2) การตอบสั้น โดยใช้การประมาณค่าคำตอบจากสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ และ 3) การแสดงวิธีทำ หรือวิธีคิด ผลการวิจัยพบว่า พบว่าผู้เรียนรับการความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์มีประสิทธิภาพสูงกว่าผู้เรียนที่ได้รับการสอนในรูปแบบปกติ นอกจากนี้ยังพบว่าความสามารถทางปัญญามีความเกี่ยวข้องอย่างมากกับการทดสอบประสิทธิภาพของงาน

Olsson (2017). ได้ทำการตรวจสอบว่า GeoGebra สนับสนุนการใช้เหตุผลเชิงสร้างสรรค์และการทำงานร่วมกันอย่างไร การศึกษานี้เน้นคำถามเกี่ยวกับวิธีที่ผู้เรียนใช้ความคิดเห็นจาก GeoGebra เพื่อสนับสนุนการใช้เหตุผลและวิธีที่ผู้เรียนใช้ศักยภาพของ GeoGebra เพื่อสร้างวิธีการแก้ปัญหาระหว่างการแก้ปัญหา การศึกษาตรวจสอบผลการเรียนรู้ของผู้เรียนจากการแก้ปัญหาโดยสร้างวิธีการของพวกเขาเอง โดยการสร้างสถานการณ์เชิงปฏิบัติที่ออกแบบเพื่อให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหาและให้เหตุผลสนับสนุนโดย GeoGebra โดยไม่บอกวิธีการหรือแนวทางในการแก้ปัญหา ทั้งหมด 4 ครั้ง ผู้เรียนจะสร้างวิธีการของตัวเองโดยใช้ GeoGebra ผู้เรียนจะทำงานเป็นคู่ และมีการบันทึกบทสนทนาเป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ การมีส่วนร่วมในการใช้เหตุผลและการแก้ปัญหาร่วมกับการใช้ GeoGebra การออกแบบนี้ใช้ในการศึกษา สถานการณ์เกี่ยวกับการปฏิบัติที่แตกต่างกันเฉพาะในแง่ของการให้แนวทางแก่ผู้เรียนในการแก้ปัญหาที่ได้รับการออกแบบ สถานการณ์เชิงปฏิบัติเหล่านี้ถูกนำมาใช้เพื่อเปรียบเทียบการใช้ GeoGebra ของผู้เรียนการมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหาและการใช้เหตุผล และผลการเรียนรู้ของผู้เรียน ไม่ว่าผู้เรียนจะแก้ไขงานด้วยหรือไม่ ในการศึกษาครั้งที่สี่ใช้วิธีการเชิงปริมาณ ข้อมูลจากการศึกษาประกอบด้วยผลลัพธ์ของผู้เรียนระหว่างการฝึกอบรม (ไม่ว่าพวกเขาจะสามารถแก้ปัญหาได้หรือไม่ก็ตาม) ผลการเรียนหลังการทดสอบและผลการเรียนของพวกเขาจะถูกนำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติ ผลของการศึกษาสามครั้งแรกแสดงแง่มุมเชิงคุณภาพของผู้เรียนในการแก้ปัญหาด้วยความช่วยเหลือของ GeoGebra แสดงให้เห็นถึงการสนับสนุนการทำงานร่วมกัน การใช้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ และการแก้ปัญหาโดยการให้ผู้เรียนมีพื้นที่ทำงานร่วมกัน และแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับการกระทำของพวกเขา ผู้เรียนใช้ GeoGebra เพื่อทดสอบ

ความคิดของตนเองโดยกำหนดและส่งข้อมูลตามคำถามและสมมติฐาน จากนั้นผลลัพธ์ของ GeoGebra จะถูกใช้เป็นคำติชมเพื่อตอบคำถามและตรวจสอบ / ปลอมแปลงสมมติฐาน การโต้ตอบกับ GeoGebra เหล่านี้ถูกใช้เพื่อการสร้างข้อมูลในครั้งต่อไป อย่างไรก็ตามวิธีที่ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหาและการใช้เหตุผลและการใช้ GeoGebra ทำขึ้นอยู่กับว่าพวกเขาได้รับแนวทางหรือไม่ การศึกษาครั้งที่ 3 และ 4 แสดงให้เห็นว่ามีผู้เรียนที่แก้โจทย์ไม่ได้ ก็ใช้ศักยภาพของ GeoGebra ในการสำรวจและตรวจสอบโจทย์ที่ได้รับ นอกจากนี้ผู้เรียนที่ไม่มีส่วนร่วมก็มีส่วนร่วมในระดับที่มากขึ้นในการแก้ปัญหาและการใช้เหตุผลเชิงสร้างสรรค์และ พวกเขาแสดงความเข้าใจที่มากขึ้นเกี่ยวกับการแก้ปัญหาของพวกเขา ในที่สุดการศึกษาครั้งสุดท้าย แสดงให้เห็นว่าผู้เรียนที่จัดการเพื่อแก้ปัญหาที่ไม่ได้ชี้นำ มีประสิทธิภาพสูงกว่าหลังการทดสอบผู้เรียนที่ประสบความสำเร็จในการแก้ปัญหาโจทย์ที่กำหนดไว้

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์พบว่าการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์มีหลากหลายวิธีการ แต่วิธีการที่นิยมใช้มักมีแนวคิดที่ให้ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนรู้ ได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ผ่านกระบวนการสืบเสาะ หรือค้นหาความรู้ภายใต้สถานการณ์ต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน โดยในกระบวนการเหล่านั้นผู้เรียนจะต้องนำความรู้หรือประสบการณ์เดิมที่มีอยู่ มาประยุกต์เพื่อแก้ไขปัญหาที่ผู้สอนกำหนด ผู้เรียนต้องได้ทำการระดมความคิด มีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็นและอภิปรายข้อสงสัย ข้อสังเกต หรือวิธีการแก้ปัญหาของตนร่วมกับผู้อื่น เพื่อเป็นการนำเสนอความคิด และสร้างข้อโต้แย้งให้เกิดความน่าเชื่อถือของหลักฐาน แนวคิด หรือทฤษฎีในกระบวนการที่สร้างวิธีแก้ปัญหาเหล่านั้น ซึ่งวิธีการที่ผู้เรียนนำเสนอตัวแทนความคิดของตนเองนั้นไม่จำเป็นต้องเป็นแค่ข้อความ ผู้เรียนสามารถออกแบบในรูปแบบหรือแนวทางของตนเองได้

2. **เอกสารที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง** (Argument-Driven Inquiry Approach)

2.1 **รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาความสามารถในการให้เหตุผล และความคิดสร้างสรรค์**

ทิศนา แขมมณี (2561). กล่าวว่า รูปแบบการสอน หมายถึง สภาพหรือลักษณะของการจัดการเรียนการสอนที่จัดขึ้นอย่างมีระบบระเบียบ มีแบบแผนตามหลักปรัชญา ทฤษฎี หลักการ แนวคิด หรือความเชื่อต่าง ๆ โดยอาศัยวิธีสอนและเทคนิคการสอนต่าง ๆ เข้ามาช่วยให้สภาพการ

เรียน การสอนนั้นเป็นไปตามหลักการที่ยึดถือ ดังนั้น คุณลักษณะสำคัญของรูปแบบการสอนจึงต้อง ประกอบด้วยสิ่งต่าง ๆ ต่อไปนี้

1) มีปรัชญาหรือทฤษฎีหรือหลักการหรือแนวคิดหรือความเชื่อ ที่เป็นพื้นฐานหรือเป็นหลักการของรูปแบบการสอนนั้น ๆ

2) มีการบรรยายหรืออธิบายสภาพหรือลักษณะของการจัดการเรียนการสอน

3) มีการจัดระบบ คือ มีการจัดองค์ประกอบและความสัมพันธ์ขององค์ประกอบของระบบให้สามารถนาผู้เรียนไปสู่เป้าหมายอย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีการพิสูจน์ ทดลองถึงประสิทธิภาพของระบบนั้นดังนั้น รูปแบบการเรียนการสอนจึงหมายถึง สภาพหรือลักษณะของการจัดการเรียนการสอน ที่จัดไว้อย่างเป็นระเบียบตามหลักปรัชญา ทฤษฎี หลักการ แนวคิดหรือความเชื่อต่าง ๆ โดยมีการจัด กระบวนการหรือขั้นตอนในการเรียนการสอน โดยอาศัยวิธีสอนและเทคนิคการสอนต่าง ๆ เข้ามาช่วย ทำให้สภาพการเรียนการสอนนั้นเป็นไปตามหลักการที่ยึดถือ ซึ่งได้รับการพิสูจน์ ทดสอบหรือยอมรับ ว่ามีประสิทธิภาพ สามารถใช้เป็นแบบแผนในการเรียนการสอนให้บรรลุวัตถุประสงค์เฉพาะของ รูปแบบนั้น ๆ ซึ่งแต่ละรูปแบบมีวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกัน กล่าวคือ เป็นรูปแบบการเรียนการสอนที่ เน้นการพัฒนาด้านพุทธิพิสัย (cognitive domain)การพัฒนาด้านจิตพิสัย (affective domain) การพัฒนาด้านทักษะพิสัย (psychomotor domain)การพัฒนาด้านทักษะกระบวนการ (process skills) หรือ การบูรณาการ (integration) ทั้งนี้รูปแบบดังกล่าวล้วนเป็นรูปแบบการเรียนการสอนที่มีลักษณะเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

2.1.1 รูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry-based learning)

รูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry-based learning) เป็นรูปแบบการสอนที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากในวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ ภายใต้ทฤษฎีการเรียนรู้เชิงคอนสตรัคติวิสต์ที่ให้ผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง มีส่วนร่วมในการสร้างองค์ความรู้ใหม่ ด้วยกระบวนการที่ส่งเสริมการคิดอย่างอิสระและการเติบโตทางปัญหา จากเรียนรู้ผ่านกระบวนการที่ได้ลงมือปฏิบัติจริง (Buch และ Wolff, 2000; Duncan, 1999; Henningsen และ Stein, 1997)

2.2 ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง (Argument-Driven Inquiry Approach) คือ กระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ตั้งอยู่บนพื้นฐานของทฤษฎีการเรียนรู้เชิงคอนสตรัคติวิสต์ที่บ่งชี้ว่าการเรียนรู้ได้รับอิทธิพลจากปัจจัยหลายประการ ประการแรก คือ ผู้เรียนจะจดจำข้อมูลและองค์ความรู้ที่ได้จากการเรียนรู้ และ สิ่งที่ตัวผู้เรียนมีส่วนร่วมโดยมีพื้นฐานจากความเชื่อและประสบการณ์ที่ผู้เรียนมี ผู้สอนจึงจำเป็นต้องให้โอกาสแก่ผู้เรียนในการทำความ

เข้าใจข้อมูลใหม่ประสบการณ์ที่ผู้เรียนมีอยู่ ประการที่สอง คือ การรับรู้และการลงมือทำไม่ได้แยกจากกัน ความรู้เป็นนามธรรมที่ไม่สามารถถ่ายโอนจากการเรียนรู้ในห้องเรียนไปสู่วิธีการใช้นอกโรงเรียนได้อย่างง่ายดาย วิธีที่ผู้เรียนแสดงความรู้หรือความเข้าใจที่มีส่งผลต่อสิ่งที่เรียนด้วย ดังนั้น กิจกรรมและการประเมินผลจึงจำเป็นต้องได้รับการออกแบบเพื่อให้พวกเขาสะท้อนสถานการณ์ในโลกแห่งความเป็นจริงและให้โอกาสผู้เรียนในการแบ่งปัน สนับสนุนและแก้ไขความคิดของพวกเขา ประการที่สาม บริบทและวัฒนธรรมส่งผลกระทบต่อการเรียนรู้ สิ่งที่ผู้เรียนเรียนรู้ได้รับอิทธิพลจากปฏิสัมพันธ์ทางสังคม ผู้เรียนมักเรียนรู้ได้ดีที่สุดโดยการพูดคุยและร่วมมือกับผู้อื่นนอกเหนือจากผู้ใหญ่ที่มีประสบการณ์มากกว่าผ่านการโต้ตอบ ผู้เรียนสามารถพบและสำรวจความคิดในเรื่องที่เรียนรู้ใหม่ และเข้าใจวิธีการตรวจสอบความคิด นั่นคือผู้เรียนเรียนรู้สิ่งที่ถือเป็นความรู้ที่ถูกต้องตามขอบเขตของข้อมูลที่ผู้สอนกำหนด เมื่อผู้เรียนมีส่วนร่วมในการสนทนากับผู้อื่นพวกเขาสามารถใช้ความเชี่ยวชาญของตนเอง อธิบายขยายและสะท้อนความคิดของตนเอง และสัมผัสกับวิธีการคิดที่มีค่าโดยผู้เชี่ยวชาญ

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ถูกออกแบบมาเพื่อให้ผู้เรียนมีโอกาสพัฒนาวิธีการของตัวเองในการสร้างข้อมูลทำการสอบสวนใช้ข้อมูลเพื่อตอบคำถาม เขียนและไตร่ตรองมากขึ้นเมื่อพวกเขาทำงาน และยังให้โอกาสผู้เรียนมีส่วนร่วมในการโต้แย้งและการทบทวนโดยเพื่อน ผู้เรียนจึงสามารถเริ่มพัฒนาทักษะการใช้เหตุผลหรือนิสัยของจิตใจและความเข้าใจในเนื้อหาทางคณิตศาสตร์และการปฏิบัติที่จำเป็นต้องประสบความสำเร็จในหลักสูตรคณิตศาสตร์ขั้นสูงหรือเพื่อตัดสินใจอย่างชาญฉลาดเกี่ยวกับปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่มีอิทธิพลต่อชีวิตของพวกเขา (Walker และคนอื่น ๆ, 2011 2011)

2.3 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

2.3.1 ทฤษฎีการเรียนรู้เชิงคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivism)

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ตั้งอยู่บนพื้นฐานของทฤษฎีการเรียนรู้เชิงคอนสตรัคติวิสต์ ที่มีความเชื่อว่าความรู้ไม่สามารถเกิดจากการส่งต่อจากบุคคลหนึ่งไม่สู่อีกบุคคลหนึ่ง แต่สามารถสร้างขึ้นได้เองจากตัวของผู้เรียน (Driver, Asoko, Leach, Scott, และ Mortimer, 1994). Piaget (2003). ได้อธิบายถึงทฤษฎีการเรียนรู้เชิงคอนสตรัคติวิสต์ไว้ว่า ผู้เรียนสามารถพัฒนาความรู้ หรือความรู้สึกอย่างเป็นธรรมชาติผ่านกระบวนการซึมซาบ (Assimilation) และการปรับโครงสร้างทางปัญญา (Accommodation) ส่วนบุคคล เชื่อมโยงปัญหาหรือข้อสงสัยกับความรู้เดิมหรือประสบการณ์ที่คล้ายคลึงกัน นอกจากนี้ยังเชื่ออีกว่าบุคคลจะมีพัฒนาการทางปัญญาเป็นลำดับขั้น จากการมีปฏิสัมพันธ์ หรือ

ประสบการณ์กับสิ่งแวดล้อมในธรรมชาติและประสบการณ์ในการคิดเชิงตรรกะและคณิตศาสตร์ รวมถึงการถ่ายทอดความรู้ทางสังคม วุฒิภาวะ และกระบวนการพัฒนาความสมดุลของแต่ละบุคคล (Piaget, 2008) อ้างถึงใน (ทิศนา แขมมณี, 2561) ส่วน Vygotsky (1978) ได้อธิบายว่า การที่บุคคลมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างกันในกลุ่มผู้เรียน จะสามารถสร้างองค์ความรู้ให้แก่ตัวผู้เรียนได้จากตัวบุคคลที่แลกเปลี่ยนซึ่งกันและกัน วีก็อทสกี้จึงมุ่งเน้นเรื่องความแตกต่างระหว่างบุคคล และการพัฒนาศักยภาพของผู้เรียนให้มีความสามารถสูงสุดเท่าที่บุคคลนั้นจะทำได้

2.3.2 ทฤษฎีการโต้แย้ง (The Argumentation Theory)

Duschl, Schweingruber, และ Shouse (2007) กล่าวว่า การโต้แย้ง (Argumentation) คือ วาทกรรมเชิงตรรกะที่มีจุดมุ่งหมายในการแบ่งแยกความสัมพันธ์ระหว่างความคิดกับหลักฐานด้วยบุคคลมักหาข้ออ้างหรือเหตุผลที่เข้าข้างตนเองเพื่อให้สมมติฐานที่กำหนดนั้นเป็นความจริง ในการสืบเสาะหรือหาคำตอบหลักฐานหรือแหล่งอ้างอิงมีความสำคัญในการสนับสนุนสมติฐานเหล่านั้นให้เป็นที่ยอมรับได้

2.4 ขั้นตอนและวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ประกอบด้วย 7 ขั้นตอนดังนี้ (Sampson, Grooms, และ Walker, 2009)

1) การกำหนดโจทย์ (Identification of the task) เป้าหมายของผู้สอนคือการแนะนำหัวข้อสำคัญที่ควรศึกษาและเริ่มการสำรวจ คล้ายกับแบบจำลองการเรียนการสอนอื่น ๆ เช่น Science Writing Heuristic หรือการเรียนรู้แบบ 5E ขั้นตอนนี้ถูกออกแบบมาเพื่อดึงดูดความสนใจของผู้เรียน ผู้สอนยังต้องเชื่อมโยงระหว่างประสบการณ์การเรียนรู้ในอดีตและปัจจุบัน (เช่น สิ่งที่ผู้เรียนรู้อยู่แล้วและสิ่งที่พวกเขาต้องการทราบ) และเพื่อให้เป้าหมายของกิจกรรมที่กำลังจะเกิดขึ้นอย่างชัดเจน เพื่ออำนวยความสะดวกในเป้าหมายนี้เราจัดเตรียมเอกสารแจกให้กับผู้เรียน ซึ่งรวมถึงการแนะนำสั้น ๆ เกี่ยวกับปัญหาในการแก้ปัญหาหรืองานที่ต้องทำและตอบคำถามได้

2) การสร้างและการวิเคราะห์ข้อมูล (Data generation) ในขั้นตอนนี้จะให้ผู้เรียนทำงานกันเป็นกลุ่ม (ผู้เรียน 3 หรือ 4 คน) เพื่อพัฒนาและใช้วิธีการของตนเอง เพื่อตอบคำถามที่ผู้สอนให้ จุดประสงค์ของขั้นตอนนี้คือการให้โอกาสผู้เรียนในการเรียนรู้วิธีการออกแบบและดำเนินการตรวจสอบข้อมูลวิเคราะห์ข้อมูลและเรียนรู้วิธีจัดการกับความคลุมเครือของงานเชิงประจักษ์

3) การสร้างข้อโต้แย้งเบื้องต้น (Production of a tentative agrument) ขั้นตอนนี้ผู้เรียนจะต้องสร้างลำดับการคิดที่น่าเชื่อถือด้วยหลักฐานและเหตุผลที่สามารถแบ่งปันกับผู้อื่นได้

กล่าวได้ว่าเป็นข้อสรุปการคาดเดา คำอธิบาย ข้อความเชิงพรรณนาหรือคำตอบของคำถาม ซึ่งในขั้นตอนนี้เน้นความสำคัญของการโต้แย้ง (เช่นความพยายามในการสร้างหรือตรวจสอบบนพื้นฐานของเหตุผล) ผู้เรียนต้องสามารถสนับสนุนคำอธิบายข้อสรุปหรือคำตอบของคำถาที่มีหลักฐานที่เหมาะสมและเหตุผลที่เพียงพอ

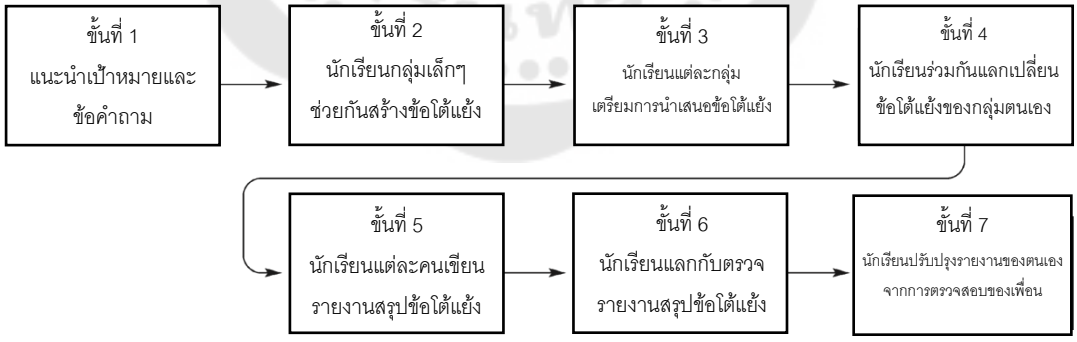
4) การอภิปรายเบื้องต้น (Argumentation session) ผู้เรียนจะแบ่งปันข้อโต้แย้งซึ่งกันและกัน ผู้เรียนจะมีส่วนร่วมในการประเมินคำอภิปรายเหล่านั้นเพื่อตัดสินว่าข้อใดถูกต้องที่สุดหรือยอมรับได้ หรือเพื่อโต้แย้ง ขั้นตอนนี้จะทำให้ผู้เรียนมีโอกาสเรียนรู้วิธีการ แบ่งปันและวิจารณ์ผลงาน (เช่น การสรุปการอธิบายหรือการโต้แย้ง) กระบวนการ (เช่น วิธีการ) และบริบท (เช่น ทางทฤษฎีหรือทางตรรกะ รากฐาน) ของการสอบสวน ตามการวิจัยที่บ่งชี้ว่าผู้เรียนจะเกิดการเรียนรู้เพิ่มเติมเมื่อพวกเขาเผชิญกับความคิดของผู้อื่นตอบคำถาม และความท้าทายของเพื่อนร่วมชั้นของพวกเขาแสดงให้เห็นถึงเป้าหมายที่เป็นรูปธรรมมากขึ้นสำหรับมุมมองของพวกเขา และยังเป็นโอกาสให้ผู้สอนประเมินความก้าวหน้าหรือความคิดของผู้เรียนและกระตุ้นให้ผู้เรียนคิดเกี่ยวกับปัญหาที่ถูกมองข้าม ผู้เรียนจะปรับปรุงความคิดเริ่มต้นหรือวิธีการของพวกเขาได้จากการโต้แย้ง

5) การเขียนรายงานผล (Creation of an investigation report) คือ การให้ผู้เรียนเขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบเป็นรายบุคคล ประกอบด้วย จุดประสงค์ของการสำรวจตรวจสอบ อธิบายวิธีการสำรวจตรวจสอบพร้อมให้เหตุผลในการเลือกวิธีการดังกล่าว และเขียนคำอธิบายเชิงคณิตศาสตร์ของปรากฏการณ์ที่สำรวจตรวจสอบ การสร้างรายงานการสำรวจตรวจสอบ เป็นลายลักษณ์อักษรโดยผู้เรียนแต่ละคน การเขียนเป็นสิ่งสำคัญของการสอบถามผู้เรียนจำเป็นต้องเรียนรู้วิธีการเขียนในลักษณะที่สะท้อนถึงมาตรฐาน สามารถช่วยผู้เรียนทำความเข้าใจเนื้อหาภายใต้การสำรวจตรวจสอบ และเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนคิดเกี่ยวกับสิ่งที่พวกเขารู้วิธีที่พวกเขารู้และทำไมพวกเขาถึงเชื่อทางเลือกอื่น ดังนั้นโอกาสในการเขียนจึงช่วยให้ผู้เรียนเรียนรู้และจดจำเนื้อหาได้

6) การตรวจสอบโดยเพื่อน (Double-blind Peer Review) คือ การให้ผู้เรียนตรวจสอบและ ประเมินรายงานผลการสำรวจตรวจสอบ เพื่อให้มั่นใจในคุณภาพ เมื่อผู้เรียนกรอกรายงานการตรวจสอบเสร็จแล้วพวกเขาจะส่งสำเนาที่พิมพ์สี่ชุดที่ระบุโดยหมายเลขรหัสที่มอบหมายโดยผู้สอน จากนั้นผู้สอนจะสุ่มแจกจ่ายรายงานสามหรือสี่ชุด (เช่นรายงานที่เขียนโดยผู้เรียนสามหรือสี่คนที่แตกต่างกัน) ไปยังแต่ละกลุ่ม พร้อมกับเอกสารประกอบคำวิจารณ์จากเพื่อนสำหรับชุดรายงานแต่ละชุด เอกสารประกอบการทบทวน รวมถึงเกณฑ์เฉพาะที่จะใช้ในการประเมินคุณภาพของรายงานการตรวจสอบและพื้นที่เพื่อให้ข้อเสนอแนะกับผู้เขียน เกณฑ์การ

ตรวจสอบรวมถึงคำถามเช่น ผู้เขียนอธิบายว่าพวกเขาทำงานของเขาอย่างไร ผู้เขียนใช้หลักการเพื่อสนับสนุนคำอธิบายของพวกเขาหรือไม่ เหตุผลของผู้เขียนเพียงพอและเหมาะสมหรือไม่ ขั้นตอนของรูปแบบการเรียนการสอนนี้ถูกออกแบบมาเพื่อให้ผู้เรียนได้รับข้อมูลย้อนกลับด้านการศึกษาสนับสนุนให้ผู้เรียนพัฒนาและใช้มาตรฐานที่เหมาะสมสำหรับ “สิ่งที่นับได้” เป็นคุณภาพในการวิเคราะห์และประเมินผลผู้เรียนต้องพิจารณา “สิ่งที่พวกเขารู้” และ “พวกเขารู้ได้อย่างไร” นอกจากนี้ยังได้รับการออกแบบมาเพื่อสร้างชุมชนของผู้เรียนที่เห็นคุณค่าของหลักฐานและการคิดอย่างมีวิจารณญาณในห้องเรียน สิ่งนี้สามารถทำได้โดยการสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่ผู้เรียนคาดหวังว่าจะได้รับรางวัลซึ่งกันและกันสำหรับคุณภาพของการตรวจสอบและรายงาน เป็นผลให้ผู้เรียนคาดหวังที่จะหารือเกี่ยวกับความถูกต้องหรือการยอมรับของการเรียกร้องซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการสืบสวนแต่ละครั้งและเริ่มนำมาใช้เป็นเกณฑ์ที่เข้มงวดมากขึ้นสำหรับการประเมินหรือวิจารณ์พวกเขา การเน้นประเภทนี้ยังเปิดโอกาสให้ผู้เรียนเห็นตัวอย่างที่ดีและอ่อนแอของรายงานที่เขียนเกี่ยวกับหัวข้อเดียวกันและอยู่บนพื้นฐานของข้อกำหนดเดียวกัน โดยรวมแล้วเจตนาของขั้นตอนของแบบจำลองนี้คือการช่วยผู้เรียนปรับปรุงความสามารถในการเขียนทางคณิตศาสตร์และความเข้าใจในสิ่งที่นับว่าถูกต้องหรือเป็นที่ยอมรับ

7) การปรับปรุงรายงาน (Revision of the investigation report) คือ การให้ผู้เรียนแก้ไขและปรับปรุง รายงานผลการสำรวจตรวจสอบตามคำแนะนำของเพื่อน จากผลการประเมินที่ได้จากกิจกรรมการ ตรวจสอบโดยเพื่อน



ภาพประกอบ 5 แสดงวิธีการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้
แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

ที่มา: Walker และคนอื่น ๆ (2011)

ในเวลาต่อมารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ด้ถูกปรับปรุง เป็น 8 ขั้นตอนดังนี้ (Sampson, 2014)

ขั้นที่ 1 ระบุและแนะนำปัญหา (Identify the Task and the Guiding Question) คือ การแนะนำหัวข้อสำคัญที่ควรศึกษาและเริ่มการสำรวจ ขั้นตอนนี้ผู้สอนต้องทำหน้าที่เพื่อดึงดูดความสนใจของผู้เรียน เชื่อมโยงเนื้อหาระหว่างประสบการณ์การเรียนรู้ในอดีตและปัจจุบัน และเพื่อให้เป้าหมายของกิจกรรมที่กำลังจะเกิดขึ้นให้ชัดเจน

ขั้นที่ 2 ออกแบบกระบวนการและรวบรวมข้อมูล (Design a Method and Collect Data) การสร้างและการรวบรวมข้อมูล คือ การที่ผู้เรียนทำงานกันเป็นกลุ่ม เพื่อพัฒนาและใช้วิธีการของตนเอง เพื่อตอบคำถามที่ผู้สอนให้ จุดประสงค์ของขั้นตอนนี้คือการให้โอกาสผู้เรียนในการเรียนรู้วิธีการออกแบบและดำเนินการตรวจสอบข้อมูลวิเคราะห์ข้อมูลและเรียนรู้วิธีจัดการกับความคลุมเครือของงานที่ได้รับมอบหมาย

ขั้นที่ 3 สร้างข้อโต้แย้งเบื้องต้น (Develop an Initial Argument) คือ การให้ผู้เรียนสร้างลำดับการคิดที่น่าเชื่อถือด้วยหลักฐานและเหตุผลที่สามารถแบ่งปันกับผู้อื่นได้ เป็นข้อสรุปการคาดเดา คำอธิบาย ข้อความเชิงพรรณนาหรือคำตอบของคำถาม ซึ่งในขั้นตอนนี้เน้นความสำคัญของการโต้แย้ง ผู้เรียนต้องสามารถสนับสนุนคำอธิบายข้อสรุปหรือคำตอบของคำถามที่มีหลักฐานที่เหมาะสมและมีเหตุผลเพียงพอ

ขั้นที่ 4 อภิปรายข้อโต้แย้งเบื้องต้น (Argumentation Session) คือ ผู้เรียนจะแบ่งปันข้อโต้แย้งซึ่งกันและกัน ผู้เรียนจะมีส่วนร่วมในการประเมินคำอภิปรายเหล่านั้นเพื่อตัดสินว่าข้อใดถูกต้องที่สุด ผู้นำเสนอจะได้ทบทวนและปรับปรุงข้อโต้แย้งของตนนอกจากนี้ยังช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะการสื่อสารและการนำเสนอด้วย

ขั้นที่ 5 สรุปและสะท้อนผลการโต้แย้ง (Explicit and Reflective Discussion) คือ ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันอภิปรายที่เนื้อหาที่เป็นหัวใจสำคัญของการแก้ปัญหา เพื่อให้ผู้เรียนวิธีออกแบบการแก้ปัญหาที่ดีขึ้นในอนาคต

ขั้นที่ 6 เขียนรายงานผลการโต้แย้ง (Write an Investigation Report) คือ ขั้นตอนที่ผู้เรียนแต่ละคนเขียนรายงานการแก้ปัญหา ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาที่เป็นหัวใจสำคัญของปัญหาที่ได้รับมอบหมาย และเรียนรู้วิธีวิเคราะห์และตีความข้อมูล พัฒนาและใช้แบบจำลอง ใช้คณิตศาสตร์หรือการคิดเชิงคำนวณ สร้างคำอธิบาย โต้แย้งจากหลักฐาน และ สื่อสารข้อมูล นอกจากนี้ยังช่วยให้นักเรียนพัฒนาความสามารถในการเขียนขั้นตอนการแก้ปัญหาด้วย

ขั้นที่ 7 ตรวจสอบโดยเพื่อน (Double-Blind Group Peer Review) คือ ผู้เรียนแต่ละกลุ่มจะตรวจสอบรายงานการสอบสวนซึ่งกันและกัน เพื่อให้แน่ใจว่ามีคุณภาพและให้ข้อเสนอแนะที่จำเป็นแก่เพื่อนร่วมชั้นในการปรับปรุง ขั้นตอนการสอบถามโดยใช้ข้อโต้แย้งนี้ช่วยให้นักเรียนเรียนรู้วิธีประเมินข้อมูล นอกจากนี้ยังช่วยให้นักเรียนพัฒนาความสามารถในการอ่านและวิจารณ์ข้อความที่มีการโต้แย้ง

ขั้นที่ 8 ปรับปรุงและเขียนรายงานฉบับสมบูรณ์ (Revise and Submit the Report) คือ การให้ผู้เรียนแก้ไขและปรับปรุง รายงานผลการสำรวจตรวจสอบตามคำแนะนำของเพื่อน จากผลการประเมินที่ได้จากกิจกรรมการตรวจสอบโดยเพื่อน

2.5 บทบาทผู้สอนในการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

บทบาทของผู้สอนในการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งนั้นแตกต่างจากการสอนทั่วไป ผู้สอนจะเป็นผู้อำนวยความสะดวกเท่านั้น และควรหลีกเลี่ยงการบอกทิศทางที่ชัดเจน ยกตัวอย่างเช่น ภายในห้องเรียนจะไม่เริ่มต้นจากการบรรยายของผู้สอน ผู้สอนอภิปรายหัวข้อที่ถูกตรวจสอบสั้นๆ แล้วถามคำถามนำทางไปยังบทเรียน จึงเป็นงานที่ยากที่สุดที่ผู้สอนที่จะต้องไม่ตอบคำถามโดยตรง แต่เพื่อให้การสร้างความรู้และความเข้าใจทางสังคมเกิดขึ้นและกระตุ้นให้ผู้เรียนคิดเกี่ยวกับปัญหาที่พวกเขาอาจไม่ได้พิจารณาหรือมองข้าม ดังในตาราง 4

ตาราง 4 บทบาทผู้สอนในการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

ขั้นตอน	บทบาทของผู้สอน
ระบุและแนะนำปัญหา	- จุดประกายความอยากรู้ของผู้เรียน - จัดนักเรียนออกเป็นกลุ่ม และจัดหาอุปกรณ์ที่นักเรียนต้องการ
ออกแบบกระบวนการและรวบรวมข้อมูล	- ช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาการตรวจสอบที่ดีขึ้นผ่านการตั้งคำถาม - ถามคำถามผู้เรียนเกี่ยวกับสิ่งที่กำลังทำและทำไมถึงทำ
สร้างข้อโต้แย้งเบื้องต้น	- แนะนำนักเรียนหาก ข้อมูลไม่สมบูรณ์ ไม่สอดคล้องกัน หรือไม่น่าเชื่อถือ - กระตุ้นผู้เรียนหาหลักฐานและเหตุผลในการโต้แย้ง - ส่งเสริมให้ผู้เรียนทุกคนมีส่วนร่วมในการพัฒนาข้อโต้แย้ง

ตาราง 4 (ต่อ)

ขั้นตอน	บทบาทของผู้สอน
การอภิปรายเบื้องต้น	- ให้เวลาอย่างเพียงพอสำหรับการอภิปรายของผู้เรียน - กระตุ้นให้ผู้เรียนทุกคนมีส่วนร่วมในการอภิปราย (ถามคำถาม) - ฟังการอภิปรายกลุ่ม แต่มีส่วนร่วมน้อยที่สุด - ให้โอกาสผู้เรียนทบทวนข้อโต้แย้งของตนเองและจดข้อมูล
สรุปและสะท้อนผลการโต้แย้ง	- ร่วมกันอภิปรายเนื้อหา ทฤษฎี และหลักการ ที่เป็นหัวใจหลักของการแก้ปัญหา - ยกตัวอย่างอธิบายวิธีการแก้ปัญหาที่นักเรียนนำเสนอ - ส่งเสริมให้นักเรียนแสดงจุดแข็งและจุดอ่อนของตัวเอง และเสนอวิธีการแก้ไขจุดอ่อนนั้น
เขียนรายงานผลการโต้แย้ง	- ย้ำเตือนผู้เรียนเกี่ยวกับหัวข้อ และ วัตถุประสงค์ของรายงาน - ยกตัวอย่างรายงานที่ดี และรายงานที่ไม่ดี - ให้เวลานักเรียนในการเขียนรายงานเพื่อให้ได้งานที่มีประสิทธิภาพ
การตรวจสอบโดยเพื่อน	- เตือนนักเรียนถึงพฤติกรรมที่เหมาะสมกับการตรวจสอบรายงาน - กระตุ้นผู้เรียนให้แสดงความคิดเห็นซึ่งกันและกันอย่างแท้จริง
ปรับปรุงและเขียนรายงานฉบับสมบูรณ์	- กระตุ้นผู้เรียนทุกคนให้ทบทวนรายงานของพวกเขาในแง่ของสิ่งที่พวกเขาอ่านและข้อเสนอแนะที่พวกเขาได้รับจากเพื่อน

ที่มา: Sampson (2014)

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.6.1 งานวิจัยในประเทศ

ภัทราวรรณ ไชยมงคล (2560). ได้ทำการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ หลังการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง เรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มเป้าหมายคือผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 30 คน ดำเนินการจัดการเรียนรู้ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบทดสอบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และรายงานผลการสำรวจตรวจสอบ

ของผู้เรียน ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยการวิเคราะห์เนื้อหาโดยการอ่านคำตอบของผู้เรียนอย่างละเอียด และจำแนกกลุ่มคำตอบของผู้เรียนโดยใช้เกณฑ์ของ Lawson (2009). ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งสามารถพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ของผู้เรียนได้ โดยหลังการจัดการเรียนรู้ผู้เรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยา-ศาสตร์ในระดับที่สูงขึ้น

พอหทัย พิพัฒนชัยภูมิ (2562). ได้ทำการวิจัยเชิงปฏิบัติการโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการปฏิบัติการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีโต้แย้งเป็นฐานที่เน้นกิจกรรมปฏิบัติการ เพื่อส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ใน เรื่อง การสืบพันธุ์ของพืช ดอกและการเจริญเติบโต ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จานวน 43 คน โดยการเลือกแบบเจาะจงดำเนินการเก็บข้อมูลใน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 โดยใช้แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และรายงานการสำรวจตรวจสอบ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์เนื้อหาและจัดกลุ่มระดับความเข้าใจของผู้เรียนออกเป็น 4 กลุ่มดังนี้ เข้าใจถูกต้อง เข้าใจ ถูกต้องบางส่วน เข้าใจคลาดเคลื่อน และไม่เข้าใจ ผลวิจัยพบว่าภายหลังปฏิบัติการการจัดการเรียนรู้สามารถส่งเสริมความ เข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนหลังการจัดการเรียนรู้ให้มีความเข้าใจในระดับที่เพิ่มขึ้นจากเดิม

จิรารัตน์ แสงศร, สุรีย์พร สว่างเมฆ, และ ปราณี นางงาม (2017). ได้ทำการวิจัยโดยวัตถุประสงค์ คือ เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ในการพัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง และ เพื่อศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งต่อการพัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ กลุ่มเป้าหมาย คือ ผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ห้องเรียนโครงการส่งเสริมความสามารถด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ปีการศึกษา 2558 โรงเรียนขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในจังหวัดพิษณุโลก จำนวน 1 ห้อง รวม 41 คน เครื่องมือที่ใช้ ในการวิจัย คือ แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ของผู้สอน แบบบันทึก ประสบการณ์หลังเรียน และแบบทดสอบวัดสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ผลการวิจัยพบว่า 1) แนวทางการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งที่พัฒนาสมรรถนะการแปล ความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิง

วิทยาศาสตร์ ควรมีลักษณะดังนี้ การยกสถานการณ์ และรูปภาพประกอบกับการใช้คำถามช่วยกระตุ้นความสนใจ และการกำหนด ให้ผู้เรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับเนื้อหาพื้นฐานที่จะเรียนล่วงหน้า ช่วยให้ผู้เรียนสามารถคาดคะเนคำตอบ ของภาระงานที่ถูกมอบหมายได้ การเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ออกแบบวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล การทดลอง การสืบค้นหรือการบันทึกผล ด้วยตนเองเพื่อนำข้อมูลที่ได้มาสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว สำหรับการอภิปรายโต้แย้งกับกลุ่มอื่น ๆ ทำให้เกิดการแยกแยะข้อโต้แย้งและประเมิน ข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ภายหลังการโต้แย้งผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันอภิปรายและสรุปข้อมูลอีกครั้งและให้ผู้เรียนเขียนรายงาน ประเมิน รายงานของเพื่อน และปรับปรุงรายงานตนเอง การจัดการเรียนรู้ลักษณะนี้ส่งผลให้ผู้เรียนได้ระบุข้อสันนิษฐาน แปลงข้อมูล วิเคราะห์และ แปลความข้อมูล และระบุเหตุผล นำไปสู่การสร้างข้อสรุปที่สมเหตุสมผล และ 2) สมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยาน ในเชิงวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

2.6.2 งานวิจัยต่างประเทศ

Hidayat และคนอื่น ๆ (2018). ได้ทำการวิจัยโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยบทบาทของการสอนความฉลาดทางการแก้ปัญหา (Hidayat และคนอื่น ๆ) และจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง (ADI) ในการปรับปรุงความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ จากผู้เรียนที่เป็นนิสิตผู้สอนคณิตศาสตร์ การศึกษาได้รับการออกแบบในรูปแบบของการทดลองด้วยการออกแบบกลุ่มควบคุมก่อนการทดลองที่มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบบทบาทของความฉลาดทางการแก้ปัญหา (AQ) และการเรียนรู้ด้วยจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ในการพัฒนาความสามารถในการใช้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ของนิสิต ประชากรในการวิจัยครั้งนี้เป็นนิสิตผู้สอนคณิตศาสตร์ในเมือง Cimahi ในขณะที่ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือ 90 คนของนิสิตผู้สอนคณิตศาสตร์ที่ระบุจุดประสงค์แล้วสุ่มแบบสุ่มซึ่งเป็นชั้นเรียนทดลองและกลุ่มควบคุม จากผลและการอภิปรายสรุปได้ว่าความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ของผู้เรียนที่เป็นนิสิตผู้สอนสอนคณิตศาสตร์ที่ได้รับจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ดีกว่าผู้ที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบปกติ การเรียนการสอนจะได้รับการทบทวนตามทั้งหมด ไม่มีการปรับปรุงความสามารถในการใช้เหตุผลเชิงสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนที่เป็นนิสิตผู้สอนคณิตศาสตร์ที่ได้รับจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง การสอนและการเรียนการสอนโดยตรงได้รับการตรวจสอบโดยพิจารณาจากประเภทของ ความฉลาดในการแก้ไข

ปัญหา (Quitter Champer และ Climber) ปัจจัยการเรียนรู้และประเภทของความฉลาดในการแก้ไขปัญหา ส่งผลต่อการพัฒนาความสามารถในการใช้เหตุผลเชิงสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน นอกจากนี้ยังไม่มีผลกระทบระหว่างการเรียนรู้และความฉลาดในการแก้ไขปัญหาร่วมกันในการพัฒนาความสามารถในการใช้เหตุผลเชิงสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีโต้แย้งมีส่วนช่วยในการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลของผู้เรียน ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้ในวิชาวิทยาศาสตร์ นอกจากงานวิจัยของ Hidayat W. มีทำการทดลองในวิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งพบว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งมีการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังมีการจัดการเรียนการสอนรูปแบบนี้ยังส่งผลในผู้เรียนปรับปรุงความเข้าใจในเนื้อหาได้ดีขึ้นอีกด้วย

3. **เอกสารที่เกี่ยวข้องกับโมเดลโค้งพัฒนาการแบบมีตัวแปรแฝง** (Latent Growth Curve Models : LGC)

การศึกษาพัฒนาการของผู้เรียน ในอดีตเมื่อผู้วิจัยมักใช้วิธีการทดสอบค่าเฉลี่ยระหว่างการวัดตั้งแต่ 2 ครั้งขึ้นไป เช่น การทดสอบด้วยสถิติทดสอบ : (T-test) หรือ การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ (Repeated Measures ANOVA) ผลจากการทดสอบจะให้ผลลัพธ์ว่าคะแนนเฉลี่ยระหว่างการวัดแต่ละครั้งมีความแตกต่างกันหรือไม่ ครั้งใดมีคะแนนเฉลี่ยมากกว่า (การทดสอบรายคู่) ซึ่งอาจยังไม่สามารถตอบคำถามวิจัยที่ผู้วิจัยต้องการทราบได้ เช่น ความเปลี่ยนแปลงของคะแนนตลอดระยะเวลาที่ต้องการศึกษามีลักษณะอย่างไร อัตราความเปลี่ยนแปลงมากน้อยประการใด อัตราความเปลี่ยนแปลงของผู้เรียนแต่ละคนใกล้เคียงกันหรือไม่อย่างไร แนวคำถามดังกล่าวทำให้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติแขนงการเปรียบเทียบ คะแนนเฉลี่ยมีข้อจำกัดใน แง่ข้อมูลที่ได้ในการพัฒนาผู้เรียนทั้งรายบุคคลและรายกลุ่ม

3.1 **ความหมายของโมเดลโค้งพัฒนาการแบบมีตัวแปรแฝง**

สมถวิล วิจิตรวรรณา (2545). ได้ให้ความหมายโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง (Latent Growth Curve Model) ว่าเป็นโมเดลที่ใช้องค์ประกอบแบบสมการโครงสร้าง (SEM) เป็นความสัมพันธ์ที่เชื่อมโยงจากคะแนนการวัดที่เป็นตัวแปรสังเกตได้หรือคะแนนดิบมาสู่คะแนนจริงที่เป็นตัวแปรแฝง เป็นรูปแบบที่ยอมรับกันทั่วไปว่ามีความแข็งแกร่งและมีความแม่นยำเชิงสถิติ มีความยืดหยุ่นสูงในการปรับขยายจากการวัดการเปลี่ยนแปลงระยะยาวที่มีตัวแปรตาม 1 ตัว หรือโมเดลตัวแปรเดี่ยว (Univariate change) มาสู่การวัดตัวแปรตามหลายตัวหรือโมเดลตัวแปรพหุ (Multivariate change) โมเดล LGC มีจุดเด่นหลายประการ คือ เป็นโมเดลประหยัด ง่ายต่อการ

ตีความ ไม่มีความลำเอียงในการประมาณค่า สามารถประมาณค่าได้อย่างดีแม้แผนพัฒนาการจะเป็นเส้นตรงหรือไม่เป็นเส้นตรงก็ตาม สามารถประมาณค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงและความคลาดเคลื่อนในการวัดได้ แม้ตัวอย่างน้อยหรือเมื่อมีการขาดหายของข้อมูล (J. J. McArdle และ Hamagami, 1992; Willett และ Sayer, 1994) โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง มีกรอบแนวคิด 3 ส่วน คือ คะแนนเริ่มต้น อัตราพัฒนาการ และคะแนนความคลาดเคลื่อนในการวัด โดยองค์ประกอบร่วมที่แฝงอยู่ในคะแนนการวัดทุกครั้ง คือคะแนนเริ่มต้นและอัตราพัฒนาการ ส่วนคะแนนความคลาดเคลื่อนเป็นองค์ประกอบเฉพาะของการวัดแต่ละครั้ง คะแนนที่เปลี่ยนแปลงไปจะต้องเกี่ยวข้องกับเวลาอย่างเป็นระบบ

ธีรยุทธ ภูเขา (2550). ได้ให้ความหมายโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง (Latent Growth Curve Model) ว่าโมเดลนี้มีพื้นฐานมาจากโค้งพัฒนาการของ Rao(1958) และ Tucker(1958) ได้เสนอแนวคิดการวิเคราะห์องค์ประกอบ ประเภท Component Analysis ในการศึกษาแบบแผนการเปลี่ยนแปลงรายบุคคล แบบแผนพัฒนาการแปลผลจากคะแนนรวม (Composite score) ที่น้ำหนักแต่ละส่วนได้จากการหมุนแกน แต่การวิเคราะห์แบบนี้ไม่สามารถประมาณค่าความแปรปรวนส่วนที่เหลือ หรือความคลาดเคลื่อนได้ Meredith and Tisak (1990) ได้ประยุกต์ใช้วิธีวิทยาการสมการโครงสร้างที่มีการวิเคราะห์ระดับตัวแปรแฝง เพิ่มการวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนของส่วนที่เหลือและตรวจสอบโมเดลด้วยสมการโครงสร้างเชิงยืน ยัน เรียกโมเดลนี้ว่า Latent growth curve models(LGC) โดยข้อมูลต้องมีลักษณะเป็นโครงสร้างเชิงเวลา (Time - structured data) ในการวัดพัฒนาการตัวแปรของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง มีแนวคิดว่า พัฒนาการเชิงเส้นตรงรายบุคคลในการวัด 1 คน เวลา 1 ครั้ง คะแนนการวัดแต่ละครั้งเป็นคะแนนรวม ที่ประกอบด้วยคะแนนความสามารถเริ่มต้น (Initialstatus หรือ Intercept) อัตราพัฒนาการ (Rate of change หรือ Slope) และคะแนนความคลาดเคลื่อนระหว่างการวัด

สุนทรพจน์ ดำรงค์พานิช (2552) ระบุว่าการวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง (Latent Growth Curve Model: LGCM) เป็นวิธีการศึกษาพัฒนาการแนวใหม่ที่กำลังได้รับความสนใจและเริ่มได้รับความนิยมนำไปประยุกต์ใช้กับการวิจัยทางสังคมศาสตร์มากขึ้นอย่างต่อเนื่อง แนวคิดดังกล่าวได้รับอิทธิพลจากแนวคิดของ Rao (1958) และ Tucker (1955) ที่กล่าวว่า แม้ว่าบุคคลแต่ละคนจะได้รับวิธีการพัฒนาเดียวกัน แต่ความเปลี่ยนแปลงภายในตัวบุคคลย่อมแตกต่างอันเนื่องมาจากความ แตกต่างระหว่างบุคคลนั่นเอง ในระยะแรก โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงได้รับการพัฒนาใน ลักษณะโมเดล 2 รูปแบบ คือ 1) Autoregressive Model เป็นโมเดลที่พิจารณาอิทธิพลจากการวัดครั้ง แรกหรือครั้งก่อนหน้าที่มีต่อการวัดครั้งหลังหรือครั้งถัดไปในตัว

แปรเดียวกัน และ 2) Growth Curve Model เป็นโมเดลที่ใช้วัดการเปลี่ยนแปลงเหมาะสำหรับการวัดข้อมูลทางกายภาพ ทั้งสองโมเดลดังกล่าวต่างมีข้อจำกัดที่สำคัญ คือ ไม่ให้ความสำคัญและไม่สามารถประมาณค่า ความแปรปรวนส่วนที่เหลือหรือความคลาดเคลื่อนได้ ข้อจำกัดดังกล่าวได้รับการพัฒนาจากนักวิธี วิทยาอย่างต่อเนื่องจนกระทั่ง John J. McArdle (1998)และ Meredith และ Tisak (1990) ได้ขยายขีดความสามารถของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงโดยการประยุกต์ใช้ร่วมกับโมเดลสมการ โครงสร้าง (Structural Equation Modeling: SEM) ซึ่งผลที่ได้ทำให้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง ที่มีประสิทธิภาพและมีคุณค่ามากที่สุดต่อการศึกษาพัฒนาการของบุคคลในปัจจุบัน

เกียรติยศ กุลเดชชัยชาญ (2556) ระบุว่า โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง เป็นวิธีการวัดการเปลี่ยนแปลงที่มีลักษณะการเก็บข้อมูลในระยะยาว จากการวัดหลายครั้ง โดยใช้โมเดลสมการโครงสร้างความแปรปรวนร่วมที่วิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนในการวัดหรือส่วนที่เหลือของคะแนนการวัดที่ไม่สามารถอธิบายได้ด้วยตัวแปรต้น คือ เวลา และนำตัวแปรแฝงมาร่วมวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลง ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ คือ 1) อัตราการพัฒนา (Growth rate) และแบบแผนการพัฒนา (Growth pattern)

3.2 ลักษณะของโมเดลโค้งพัฒนาการแบบมีตัวแปรแฝง

โมเดลโค้งพัฒนาการแบบมีตัวแปรแฝงได้รับการพัฒนามาจากโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้ง (Growth Curve) ซึ่ง (Rao, 1958; Tucker, 1955) ได้เสนอให้ใช้วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบมาใช้ในการพัฒนาโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้ง ใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบแบบการวิเคราะห์ส่วนประกอบมุขสำคัญมาศึกษา แบบแผนพัฒนาการรายบุคคล แบบแผนพัฒนาการแปลผลจากคะแนนประกอบที่น้ำหนักแต่ละ ส่วนได้มาจากการหมุนแกน McArdle, 1998 #116@@author-year)และ Meredith และ Tisak (1990) ได้พัฒนาโมเดลพื้นฐานของ Rao และ Tucker ให้สามารถวิเคราะห์โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้ง รายบุคคลโดยใช้โมเดลสมการโครงสร้าง (SEM) และตรวจสอบโมเดลด้วยสมการโครงสร้างเชิงยืนยัน Duncan (1999) ซึ่งก็คือโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง โดยโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงในระยะแรก มีการวัดรวม 3 ครั้ง คะแนนที่วัดได้ คือ ตัวแปรสังเกตได้ Y_1, Y_2, และ Y_3, ซึ่งคะแนนสังเกตได้นี้ ประกอบด้วย ตัวแปรแฝงคะแนนจริง (true score = T) และองค์ประกอบเฉพาะ (e) และตัวแปรแฝงคะแนนจริง จากการวัดทั้ง 3 ครั้งเป็นผลมาจากองค์ประกอบสำคัญ 3 ส่วน ได้แก่ องค์ประกอบสถานะเริ่มต้น (initial factor) หรือ ตัวแปรแฝงระดับ (level = L_n) ซึ่งแสดงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคลที่ได้จากการวัดในครั้งแรก และส่วนที่สอง คือ อัตราการพัฒนา (change factor) หรือความชัน (slope

- S_n) ซึ่งแสดงถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงของบุคคลตลอดช่วงเวลาที่ทำการศึกษา โดยคะแนนทั้งบวกและลบจะแสดงทิศทางของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น และส่วนที่ 3 คือตัวแปรแฝงความคลาดเคลื่อนหรือคะแนนเศษเหลือซึ่งเป็นตัวแปรแบบสุ่ม (e_t) ลักษณะของโมเดลเป็นโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบลำดับที่สอง โดยมีน้ำหนักองค์ประกอบที่เป็นอิทธิพลจากตัวแปรแฝงระดับที่มีต่อตัวแปรแฝงคะแนนจริง จากการวัดแต่ละครั้ง มีค่าเป็น 1 ทั้งหมด และน้ำหนักองค์ประกอบที่เป็นอิทธิพลจากองค์ประกอบ Slope ที่มีต่อตัวแปรแฝงคะแนนจริงจากการวัดแต่ละครั้งมีค่าเป็น b1, b2, และ b3, ตามลำดับ

จุดอ่อนของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงแบบนี้ คือ ไม่สามารถให้ค่าคะแนนพัฒนาการที่เป็นคะแนนดิบได้ ประกอบกับมีการวัดเพียง 3 ครั้ง โดยที่ค่าน้ำหนักองค์ประกอบของตัวแปรแฝงความชัน สำหรับคะแนนการวัดครั้งแรกมีค่าเป็นศูนย์ จึงเหลือค่าน้ำหนัก องค์ประกอบที่จะบ่งบอกรูปแบบของพัฒนาการได้เพียง 2 ค่า ในการวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง นักวิจัยจำเป็นต้องศึกษาลักษณะพัฒนาการของตัวแปรเพื่อให้สามารถพิจารณาเลือกรูปแบบโมเดลที่เหมาะสม โดยทั่วไปแล้วการศึกษาพัฒนาการจำเป็นต้องได้รับข้อมูลจากการวัดตัวแปรตั้งแต่สองครั้งขึ้นไป ข้อมูลที่ได้จากการวัดซ้ำตัวแปรจำนวนสองครั้งจะนำมาวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงสององค์ประกอบ เนื่องจากเวลาในการวัดสองจุดมีความเปลี่ยนแปลงเป็นเส้นตรง และเมื่อใดก็ตามที่ข้อมูลจากการวัดซ้ำมีจำนวนตั้งแต่สามครั้งขึ้นไป นักวิจัยจำเป็นต้องตรวจสอบดูว่าแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของตัว แปรเป็นลักษณะใดในจำนวนสองแบบ คือ แนวโน้มเชิงเส้นตรง (linear) และแนวโน้มไม่เป็นเส้นตรง (nonlinear) จากนั้นจึงจะสามารถเลือกรูปแบบโมเดลที่เหมาะสมกับการวิเคราะห์อันจะนำไปสู่ความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ได้ รูปแบบของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงมีที่สามารถเลือกใช้มี 2 รูปแบบ (Duncan, 1999; Li และ Acock, 1999) ได้แก่

1. โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงสององค์ประกอบ (Two-factors Latent Growth Curve Model: Two-factor LGM) หรือ โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง (Linear Model of Growth) ใช้เมื่อเมื่อตัวแปรที่สนใจศึกษามีแนวโน้มความเปลี่ยนแปลงของคะแนนดิบ (raw score) เป็นเส้นตรง โมเดลที่ใช้ในการวิเคราะห์จะประกอบด้วยตัวแปรแฝงจำนวนสองตัวและจะมีความสัมพันธ์กันเองได้ ลักษณะของ โมเดลนี้จะมีการสร้างตัวแปรแฝงเพื่อประมาณค่าพารามิเตอร์ของพัฒนาการจำนวนสองตัวคือ ตัวแปรแฝงค่าเริ่มต้น (initial) และตัวแปรแฝงความชัน (slope) ตัวแปรแฝงทั้งสองวัดจากตัวแปรสังเกตได้ทุกตัว คือค่าที่ได้จากการวัดซ้ำแต่ละครั้ง ดังนั้นจำนวนตัวแปรสังเกตได้จะเท่ากับจำนวนครั้งในการวัด ตัวแปรนั่นเอง ลักษณะที่สำคัญ

คือการกำหนดค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (factor loading) ของตัวแปรแฝงค่าเริ่มต้นของการวัดแต่ละครั้งให้มีค่าเป็น 1 เท่ากันทุกครั้ง และกำหนดค่าน้ำหนักองค์ประกอบของตัวแปรแฝงความชันเริ่มต้นจาก 0 ในการวัดครั้งแรก และเพิ่มขึ้นทีละ 1 หน่วยในการวัดลำดับ ถัดไปตามลำดับ

2. โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงสามองค์ประกอบ (Three-factors Latent Growth Curve Model: Three-factor LGM) หรือโมเดลพัฒนาการไม่เป็นเส้นตรง (Nonlinear Model of Growth) ใช้เมื่อ ตัวแปรที่สนใจศึกษามีแนวโน้มความเปลี่ยนแปลงของคะแนนเป็นเส้นโค้ง โมเดลที่ใช้ในการวิเคราะห์จะประกอบด้วยตัวแปรแฝงจำนวนสามตัวและจะมีความสัมพันธ์กันเองได้ คือ ตัวแปรแฝงค่าคงที่ (constant) จำนวน 1 ตัว ตัวแปรแฝงความชันเชิงเส้นตรง (linear) จำนวน 1 ตัว และตัวแปรแฝงความ ชั้นเชิงเส้นโค้ง (Quadratic) จำนวน 1 ตัว โดยตัวแปรแฝงแต่ละตัววัดจากตัวแปรสังเกตได้ทุกตัว คือ ค่าที่ได้จากการวัดแต่ละครั้งเช่นเดียวตับโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงสององค์ประกอบ นอกจากนี้การกำหนดค่าน้ำหนักองค์ประกอบของตัวแปรแฝงสองตัวแรกเหมือนกับการกำหนดค่าน้ำหนักองค์ประกอบในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงสององค์ประกอบทุกประการ แต่จะ แตกต่างกันที่ตัวแปรแฝงตัวที่สาม คือ ตัวแปรแฝงความชันเชิงเส้นโค้งจะมีการกำหนดค่าที่เพิ่มขึ้นให้ สอดคล้องกับความเปลี่ยนแปลงของข้อมูล เช่น ในการวัดซ้ำจำนวน 4 ครั้ง อาจกำหนดค่าตัวแปรแฝงที่สามเป็น 1 2 4 และ 8 ตามลำดับ หรือ 1 3 9 และ 27 เป็นต้น ทั้งนี้จะยึดค่าลำดับของตัวเลขใน การกำหนดพัฒนาการที่ใกล้เคียงกับข้อมูลให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้

3.3 ข้อตกลงเบื้องต้นของโมเดลโค้งพัฒนาการแบบมีตัวแปรแฝง

โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงมีข้อตกลงเบื้องต้น 5 ประการ คือ

1) ตัวแปรต้องมีระดับข้อมูลเป็นอันตรภาคชั้น (Interval) ขึ้นไป

2) ความเปลี่ยนแปลงรายบุคคลที่เกิดขึ้นในการวัดคุณลักษณะเดียวกันตลอดช่วงการวัดต้องเกี่ยวกับเวลาอย่างเป็นระบบ

3) ตัวแปรแฝงระดับ และตัวแปรแฝงอัตราพัฒนาการมีความคลาดเคลื่อนสัมพันธ์กัน

4) ตัวแปรแฝงองค์ประกอบร่วมทั้งที่เป็นตัวแปรแฝงระดับ และตัวแปรแฝงอัตราพัฒนาการไม่สัมพันธ์กับความคลาดเคลื่อนของตัวบ่งชี้ หรือองค์ประกอบเฉพาะ

5) ความคลาดเคลื่อนมีเส้นทางอิทธิพลเป็นสัญลักษณ์สลิง แทนข้อตกลงเบื้องต้นว่าเทอมความคลาดเคลื่อนของตัวบ่งชี้ / ตัวแปรสังเกตได้ในการวัดแต่ละครั้งไม่สัมพันธ์กัน

6) ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ

3.4 สัญลักษณ์ที่ใช้ในของโมเดลโค้งพัฒนาการแบบมีตัวแปรแฝง

โมเดลโค้งพัฒนาการแบบมีตัวแปรแฝงสามารถระบุตัวแปรพยากรณ์ที่ใช้ทำ นายอัตราการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรที่ต้องการศึกษาได้ ซึ่งในการวัดคะแนนพัฒนาการ มีแนวคิดว่าคะแนนพัฒนาการของบุคคล ที่ได้จากการวัดหลายๆ ครั้ง เป็นคะแนนประกอบ (composite score) ประกอบด้วยองค์ประกอบ 3 ส่วน คือ องค์ประกอบค่าเริ่มต้น (initial factor) การเปลี่ยนแปลงทั้งหมด (over change factor) และความคลาดเคลื่อนในการวัด (measurement error) ที่เป็นความคลาดเคลื่อนแบบสุ่ม (random error) (Duncan, 1999; Li และ Acock, 1999; Raykov, 1994) เขียนในรูปสมการเชิงเส้นได้ดังนี้

$$Y_{pt} = \eta_{ip} + \eta_{sp}\,\alpha_t + \varepsilon_{pt}$$

Y_{pt} หมายถึง ตัวแปรค่าหรือคะแนนที่ได้จากวัดผู้เรียนคนที่ (p=1,2,3,….N) จากการวัดครั้งที่ t (t=1,2,3,….N)

η_{ip} หมายถึง ตัวแปรแฝงคะแนนความสามารถเริ่มต้น หรือค่าเริ่มต้น

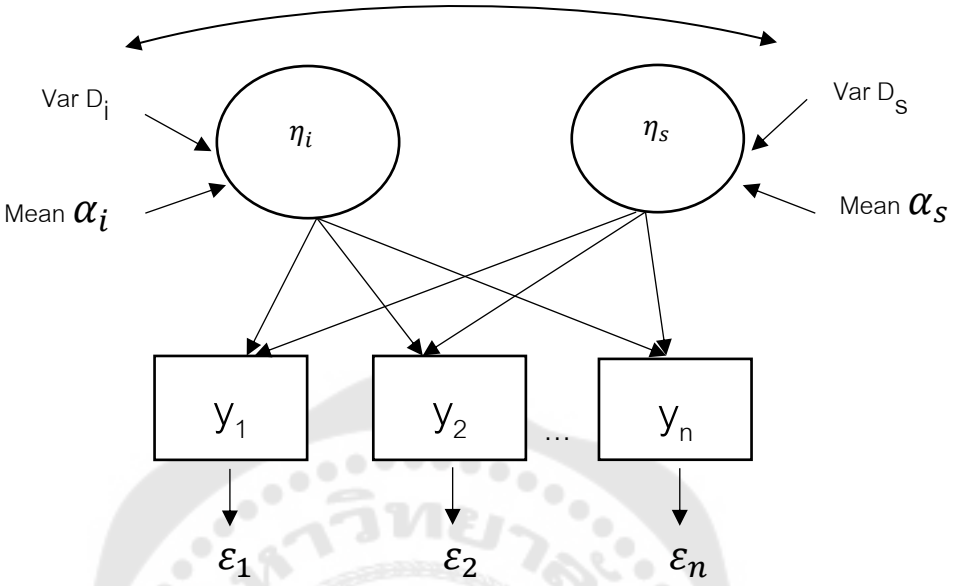
η_{sp} หมายถึง ตัวแปรแฝงความชันหรืออัตราพัฒนาการ

α_t หมายถึง ความคลาดเคลื่อนแบบสุ่ม

ε_{pt} หมายถึง สัมประสิทธิ์ของเวลา t

จากสมการแสดงว่าคะแนนที่ได้ของผู้เรียนคนที่ n ในการวัดครั้งที่ t เกิดจากคะแนนในการวัดครั้งแรกรวมผลคูณของค่าน้ำหนักในช่วงเวลาที่ t กับคะแนนพัฒนาการของบุคคลนั้น และรวมกับความคลาดเคลื่อนในการวัดแต่ละครั้ง

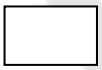
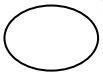
โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง แสดงดังนี้



ภาพประกอบ 6 แสดงแบบจำลองโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง

ที่มา : (Li และ Acock, 1999)

จากภาพประกอบ 6 กำหนดชื่อย่อและสัญลักษณ์แทนค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในโมเดล ดังนี้

	หมายถึง	ตัวแปรสังเกตได้
	หมายถึง	ตัวแปรแฝง
	หมายถึง	สัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรแฝงบนตัวแปรสังเกตได้
	หมายถึง	ค่าความสัมพันธ์แบบสมมาตร ได้แก่ ความแปรปรวน - ความแปรปรวนร่วมระหว่างตัวแปรแฝงค่าเริ่มต้น (1) และตัวแปรแฝงความเปลี่ยนแปลง (s)
y	หมายถึง	ตัวแปรสังเกตได้จากการวัดตัวแปรครั้งที่ 1 ถึง n
η_i	หมายถึง	ตัวแปรแฝงที่เป็นผลการวัดครั้งแรก
η_s	หมายถึง	ตัวแปรแฝงความชันหรือการเปลี่ยนแปลง

ε หมายถึง ความคลาดเคลื่อนในการวัดครั้งที่ 1 ถึง n

Mean α_i หมายถึง ค่าเฉลี่ยของตัวแปรแฝง

Mean α_s หมายถึง ค่าเฉลี่ยของตัวแปรแฝง

Var D_i หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝง ๆ

Var D_s หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝง ๆ

3.5 การพิจารณาความสอดคล้องของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง

โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงเป็นโมเดลย่อยของโมเดลโครงสร้างทำให้การวิเคราะห์ข้อมูลและการสรุปผลจึงอาศัยหลักการเดียวกัน รวมถึงดัชนีที่ใช้ก็มีเกณฑ์เดียวกัน หรืออาจแตกต่างกันเล็กน้อยหากนักวิจัยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลที่แตกต่างกัน อย่างไรก็ดี เกณฑ์ที่นิยมใช้พิจารณาความเหมาะสมหรือสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ สรุปไว้ดังตารางดัชนีที่ระบุไว้หลายค่ามีความแปรผันตามขนาดของตัวอย่าง (sample size) ดังนั้น หากนักวิจัยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลเป็นข้อมูลที่รวบรวมจากตัวอย่างจำนวนมาก จะช่วยให้โมเดลที่ ได้จากการวิเคราะห์จะมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์เป็นอย่างดี นอกจากนี้ ลักษณ ะเด่นของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงที่ได้รับการพัฒนาให้สามารถวิเคราะห์ได้ตาม ลักษณะโมเดลสมการโครงสร้าง (Structural Equation Model: SEM) ส่งผลให้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มี ตัวแปรแฝงมีความสามารถในการปรับโมเดลสมมติฐานให้มีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากยิ่งขึ้น อย่างไรก็ดี เนื่องด้วยโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงเป็นโมเดลเฉพาะที่แตกต่างจากโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุทั่วไป โดยเน้นที่การวิเคราะห์ความเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตัวเดิม ไม่เน้นถึงการศึกษาอิทธิพลระหว่างตัวแปร ทำให้โอกาสในการปรับโมเดลสามารถดำเนินการได้บางเมทริกซ์เท่านั้น ดังนั้น สิ่งที่สำคัญคือการกำหนดค่าความชันที่เหมาะสมและใกล้เคียงกับลักษณะความเปลี่ยนแปลงของข้อมูล จะช่วยให้โมเดลสมมติฐานมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์และให้ข้อมูลที่ถูกต้องต่อการใช้ประโยชน์งานวิจัยมากขึ้น (สุนทรพจน์ ดำรงค์พานิช, 2552)

ตาราง 5 แสดงเกณฑ์การพิจารณาข้อตกลงเบื้องต้นในการวิเคราะห์โค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง

ดัชนี	เกณฑ์
The Comparative Fit Index (CFI)	มากกว่า 0.90 (เข้าใกล้ 1 จะยิ่งดี)
The Goodness of Fit Index (GFI)	มากกว่า 0.90 (เข้าใกล้ 1 จะยิ่งดี)
The Adjusted Goodness of Fit Index (AGFI)	มากกว่า 0.90 (เข้าใกล้ 1 จะยิ่งดี)
The Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA)	น้อยกว่า 0.05 (เข้าใกล้ 0 จะยิ่งดี) 0.05 ถึง 0.08 (สอดคล้องพอใช้) 0.08 ถึง 0.10 (สอดคล้องน้อย) มากกว่า 0.10 (ไม่สอดคล้อง)
The Standard Root Of Mean Square Residual (SRMR)	น้อยกว่า 0.05 (สอดคล้องดี) น้อยกว่า 0.08 (สอดคล้องพอใช้)

ที่มา : (สุนทรพจน์ ดำรงค์พานิช, 2552)

3.6 ข้อดีและข้อจำกัดของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง

จุดเด่นที่น่าสนใจของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง คือ 1) ความสามารถในการทดสอบความเหมาะสมของรูปแบบพัฒนาการตามที่ผู้วิจัยตั้งสมมติฐานไว้ 2) นำเอาความสัมพันธ์ของการวัดตัวแปรแต่ละครั้งรวมไว้ในการวิเคราะห์เพื่อสร้างความสัมพันธ์ในรูปอิทธิพลของแต่ละครั้งของการวัด ทำให้สามารถพิจารณาพัฒนาการหรือความเปลี่ยนแปลงได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ปัจจุบันมีผู้พัฒนาโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติขั้นสูงที่ สามารถนำมาใช้วิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงหลายโปรแกรม ทำให้การวิเคราะห์ สะดวกกว่าอดีตที่ผ่านมา จนเริ่มได้รับความสนใจจากนักวิจัยนำไปประยุกต์ใช้ในการศึกษาวิจัยจำนวนมาก โดยเริ่มผสานจุดเด่นของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงร่วมกับวิธีวิทยาแขนงอื่นซึ่ง ช่วยให้ข้อค้นพบได้ข้อมูลอย่างลึกซึ้ง ละเอียดลออ และแปลกใหม่มากยิ่งขึ้น เช่น Multivariate Latent Growth Curve Model, Multivariate Multilevel Latent Growth Curve Model, Second Order Latent Growth Curve Model, Sequential Latent Growth Curve เป็นต้น อย่างไรก็ดีแม้ว่าโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงจะมีจุดเด่นตามที่กล่าวไปแล้ว แต่ก็ยังมีข้อจำกัดคือจำเป็นต้องใช้ตัวอย่างจำนวนมาก และใช้ช่วงห่างระหว่างการวัดซ้ำที่เท่าหรือใกล้เคียงกันมาก รวมถึงผู้ที่ศึกษาจำเป็นต้องมีความรู้

ทางสถิติวิเคราะห์เกี่ยวกับการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) การวิเคราะห์การถดถอยตัวแปรพหุคูณ (Multiple Regression Analysis: MRA) การวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis) และ ความรู้เรื่องเมทริกซ์ (Matrix) ในพีชคณิตเชิงเส้น (Linear Algebra) รวมถึงโปรแกรมการวิเคราะห์ โมเดลสมการโครงสร้าง (SEM) มาเป็นอย่างดี โปรแกรมที่กำลังเป็นที่นิยมได้แก่ AMOS LISREL MPLUS และ EQs (สุนทรพจน์ ดำรงค์พานิช, 2552)

3.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องผู้วิจัยพบว่างานวิจัยที่ใช้สถิติวิเคราะห์ โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง (Latent Growth Curve Model) กับงานวิจัยเชิงทดลองมีไม่มากนักผู้วิจัยจึงใช้การศึกษากับงานวิจัยในบริบทอื่นๆ ดังนี้

3.7.1 งานวิจัยในประเทศ

เกียรติยศ กุลเดชชัยชาญ (2556). ได้ทำการวิจัยเชิงทดลองโดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาโมเดลการวัดทักษะการคิดวิพากษ์แบบบูรณาการ และพัฒนาเครื่องมือที่ใช้วัดทักษะการคิดวิพากษ์แบบบูรณาการของผู้เรียน เพื่อสร้างและตรวจสอบคุณภาพขั้นต้นของโปรแกรม การพัฒนาทักษะการคิดวิพากษ์แบบบูรณาการเพื่อใช้พัฒนาทักษะการคิดวิพากษ์แบบบูรณาการของผู้เรียน และ เพื่อศึกษาอิทธิพลของโปรแกรมการพัฒนาทักษะการคิดวิพากษ์แบบบูรณาการ ที่มีต่อทักษะการคิดวิพากษ์แบบบูรณาการของ ผู้เรียน เมื่อควบคุมปัจจัยการคิดวิพากษ์ 4) ศึกษาอิทธิพลของโปรแกรมการพัฒนาทักษะการคิดวิพากษ์แบบบูรณาการที่ มีต่อคะแนนดั้งเดิม และอัตราการเปลี่ยนแปลงของทักษะการคิดวิพากษ์แบบบูรณาการของผู้เรียน แบบแผนการวิจัยใช้การวิจัยกึ่งทดลอง ตัวอย่าง คือ ผู้เรียนระดับประถมศึกษาชั้นปีที่ 5 จำนวน 188 คน ผู้วิจัยกำหนดตัวอย่างจากจำนวนพารามิเตอร์ ซึ่งมีจำนวน 21 พารามิเตอร์ ตามที่ Hair et al (2006) กำหนดให้ต้องใช้จำนวนตัวอย่าง 5 – 20 คน ต่อ 1 พารามิเตอร์ที่ต้องการประมาณค่า จึงได้ค่าขั้นต่ำคือ 105 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ โปรแกรมการพัฒนาทักษะการคิดวิพากษ์แบบบูรณาการประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ และ แบบทดสอบ ทักษะการคิดวิพากษ์แบบบูรณาการของผู้เรียน ซึ่งเก็บรวบรวมข้อมูลจากการวัด 4 ครั้ง และวิเคราะห์ข้อมูลโดยการ วิเคราะห์ความแปรปรวน โมเดลโค้งพัฒนาการแบบมีตัวแปรแฝง โดยผลการวิจัยพบว่า โมเดลการวัดทักษะการคิดวิพากษ์แบบบูรณาการ ประกอบด้วยตัวบ่งชี้ 5 ตัว เรียงลำดับ องค์ประกอบจากการคิดสะท้อนการคิดวิเคราะห์ การคิดตัดสินใจ การคิดสร้างสรรค์ การคิดโต้แย้งด้วยเหตุผล ตามลำดับ แบบทดสอบที่พัฒนาขึ้นเพื่อวัดทักษะการคิดวิพากษ์แบบบูรณาการของผู้เรียนมีความตรงตามเนื้อหาจากการประเมิน โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 6 ท่าน มีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.32-0.78 มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.27-0.76 และมีค่า ความเที่ยงจากการประมาณค่าด้วยสัมประสิทธิ

แอลฟาของครอนบาคเท่ากับ 0.735 โปรแกรมการพัฒนาทักษะการคิด วิพากษ์แบบบูรณาการที่พัฒนาขึ้น เป็นแบบการพัฒนา 5 ขั้นตอนตามกระบวนการคิดวิพากษ์ มีคุณภาพตามการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน ตัวแปรผลกลุ่มการสอนที่ใช้และไม่ใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นและประเภทของโรงเรียน มีอิทธิพลต่อคะแนนเฉลี่ยการคิดวิพากษ์แบบบูรณาการอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.000 และ 0.05 ตามลำดับ โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของโมเดลโค้งพัฒนาการแบบมีตัวแปรแฝงในการวัดทักษะการคิดวิพากษ์แบบบูรณาการของ ผู้เรียนสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ มีค่าไค-สแควร์เท่ากับ 25.128 มีค่า p เท่ากับ 0.0676 มีองศาอิสระ เท่ากับ 16 ค่าดัชนีดัชนีรากกำลังสองเฉลี่ยของความแตกต่างโดยประมาณ เท่ากับ 0.055 ค่าดัชนีความกลมกลืนเท่ากับ 0.988 และขนาดอิทธิพลของโปรแกรมการพัฒนาทักษะที่มีต่อคะแนนดั้งเดิมและอัตราการเปลี่ยนแปลง พบว่า ค่าเท่ากับ 0.986 และ 0.421 ตามลำดับ นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้สรุปผลของการศึกษาโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงว่า ในการทดลองจำนวน 4 ครั้ง พบว่าในการเก็บข้อมูลครั้งที่ 4 มีคะแนนลดลง เนื่องจากผู้วิจัยใช้วิธีการเดิม ๆในการพัฒนาผู้เรียน จึงทำให้ผู้เรียนเบื่อหน่าย และไม่มีการพัฒนาที่ดีเท่าที่ควร

ธีรยุทธ ภูเขา (2550). ในการวิจัยครั้งนี้ มีจุดมุ่งหมายสำคัญ เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง โมเดลออโตรเกรซซีพที่มีตัวแปรแฝงพัฒนาการ และโมเดลกึ่งซิมเพล็กซ์ที่มีตัวแปรแฝงพัฒนาการ ในการศึกษาปัจจัยด้านเชาวน์ปัญญาและเชาวน์อารมณ์ที่ส่งผลต่ออัตราพัฒนาการวิชาคณิตศาสตร์ และมีจุดมุ่งหมายเฉพาะเพื่อศึกษาปัจจัยด้านเชาวน์ปัญญาและเชาวน์อารมณ์ที่ส่งผลต่ออัตราพัฒนาการวิชาคณิตศาสตร์ และเพื่อศึกษาปัจจัยด้านเชาวน์อารมณ์และเชาวน์ปัญญาที่ส่งผล ต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2549 จำนวน 460 คน ในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาชัยนาท เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบทดสอบวัดเชาวน์ปัญญา แบบทดสอบวัดเชาวน์อารมณ์ และ แบบทดสอบคู่ขนานวิชาคณิตศาสตร์ 4 ฉบับ ข้อมูลสำหรับการวิจัยเป็นข้อมูลระยะยาว 4 ครั้ง ในช่วงระยะเวลา 4 เดือน วิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างโดยใช้โปรแกรมลิสเรล ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง มีประสิทธิภาพสูงสุดในการศึกษาปัจจัยด้านเชาวน์ ปัญญาและเชาวน์อารมณ์ที่ส่งผลต่ออัตราพัฒนาการวิชาคณิตศาสตร์ (χ^2 =191.76, df=64, p=0.00, RMSEA=0.066, RMR=0.080, GFI=0.94, AGFI=0.92, NFI=0.96, IFI=0.97) รองลงมา คือ โมเดลออโตรเกรซซีพที่มีตัวแปรแฝงพัฒนาการและโมเดลถึงซิมเพล็กซ์ที่มีตัวแปรแฝงพัฒนาการ ตามลำดับ ค่าน้ำหนักความสำคัญของเชาวน์ปัญญาที่ส่งผลต่ออัตราพัฒนาการวิชาคณิตศาสตร์และ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

คณิตศาสตร์ เท่ากับ 0.47 และ 2.53 ตามลำดับ ส่วนเชาวน์อารมณ์ไม่ส่งผลต่อ อัตราพัฒนาการวิชาคณิตศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

ยศวัฒน์ พาผล (2560) ได้ทำการวิจัยโดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อ ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของปัจจัยต่าง ๆ กับองค์ประกอบของ การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการเรียนรู้ เพื่อยืนยันองค์ประกอบโมเดลการวัดของปัจจัยต่าง ๆ กับข้อมูล เชิงประจักษ์ เพื่อยืนยันองค์ประกอบโมเดลสมการโครงสร้างโค้งพัฒนาการการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการเรียนรู้ กับข้อมูลเชิงประจักษ์ เพื่อวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างโค้งพัฒนาการของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการใช้เทคโนโลยี สารสนเทศเพื่อการเรียนรู้กับข้อมูลเชิงประจักษ์ และเพื่อศึกษาแนวทางในการส่งเสริมให้นักเรียนให้เกิดการใช้ เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการเรียนรู้ในการวิจัยครั้งนี้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา มัธยมศึกษา เขต 31 จำนวน 956 คนถูกเลือกโดยการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้น เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวม ข้อมูลเป็นแบบสอบถามจำนวน 5 ฉบับ มีค่าความเชื่อมั่นตั้งแต่ 971-983 และแบบสัมภาษณ์ 1 ฉบับ สถิติที่ใช้ วิเคราะห์ข้อมูลคือการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป ผลการวิจัยสรุปได้ว่า องค์ประกอบของตัวแปรปัจจัยทุกตัวมีความสัมพันธ์ทางบวกกับองค์ประกอบของการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทุกค่า โดยมีค่า สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ตั้งแต่ 087 - 237 โมเดลการวัดตัวแปรปัจจัยทุกตัวและโมเดลการวัดการใช้เทคโนโลยี สารสนเทศเพื่อการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โมเดลสมการโครงสร้างโค้งพัฒนาการการใช้ เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โมเดลสมการโครงสร้าง โค้งพัฒนาการของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับข้อมูล เชิงประจักษ์ การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการเรียนรู้ได้รับอิทธิพลรวมจากการยอมรับนวัตกรรมเทคโนโลยีสารสนเทศมากที่สุด รองลงมาได้แก่ การจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ความใฝ่เรียนรู้ และการสนับสนุน ทางสังคมตามลำดับ การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการเรียนรู้ได้รับอิทธิพลทางตรงจากการยอมรับนวัตกรรม เทคโนโลยีสารสนเทศมากที่สุด รองลงมาได้แก่ การจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ และความใฝ่เรียนรู้ ตามลำดับ การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการเรียนรู้ได้รับอิทธิพลทางอ้อมจากการสนับสนุนทางสังคม มากที่สุด รองลงมาได้แก่ การจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ และการยอมรับนวัตกรรมเทคโนโลยีสารสนเทศ ตามลำดับ พัฒนาการการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการเรียนรู้ได้รับอิทธิพลรวมและอิทธิพลทางตรงจากการยอมรับนวัตกรรมเทคโนโลยีสารสนเทศเท่านั้น และ แนวทางในการส่งเสริมนักเรียนให้เกิดการ

ใช้เทคโนโลยี สารสนเทศเพื่อการเรียนรู้ พบว่า ครูควรจัดการเรียนรู้โดยเน้นบูรณาการการใช้เทคโนโลยีเข้ากับการเรียนรู้ที่ เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ครูควรใช้ความรู้จากอินเทอร์เน็ตมาประกอบการเตรียมการสอน ครูไม่ควรห้ามไม่ให้นักเรียนนำโทรศัพท์สมาร์ทโฟนหรือแทบเล็ตมาโรงเรียน ครูควรเน้นให้นักเรียนมีการติดต่อสื่อสารกับครูผ่านระบบออนไลน์

กันต์ฤทัย คลังพหล (2560). ได้ทำการวิจัยโดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาเปรียบเทียบและศึกษาโมเดลโค้งพัฒนาการความสามารถในการทำวิจัยในชั้นเรียนด้านการวิเคราะห์ข้อมูลของนักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู และกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักศึกษาครู

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์ที่กำลังฝึกปฏิบัติการในสถานศึกษา ปีการศึกษา 2558 จำนวน 40 คน การสุ่มกลุ่มตัวอย่าง ได้มาจากการสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้นโดยแบ่งให้สาขาวิชาเป็นชั้น คือ สาขาคณิตศาสตร์ สาขาภาษาอังกฤษ สาขาวิทยาศาสตร์ และสาขาปฐมวัย สาขาละ 10 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ คู่มือการอบรมการวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับงานวิจัยในชั้นเรียน แบบทดสอบวัดความสามารถในการทำวิจัยในชั้นเรียนด้านการวิเคราะห์ข้อมูล และแบบประเมินรายงานการวิจัยในชั้นเรียนบทที่ 4 สถิติที่ใช้ในการวิจัย คือ สถิติที่สำหรับกลุ่มตัวอย่างที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน และสถิติวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างที่มีค่าเฉลี่ยด้วยโปรแกรม LISREL ผลการวิจัยพบว่าหลังจากจัดอบรมการทำวิจัยในชั้นเรียนด้านการวิเคราะห์ข้อมูลภาคทฤษฎี พบว่า ความสามารถในการทำวิจัยในชั้น เรียนด้านการวิเคราะห์ข้อมูลของนักศึกษากลุ่มตัวอย่างหลังได้รับการจัดการอบรมเพิ่มขึ้นกว่าก่อนการอบรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และโมเดลโค้งพัฒนาการความสามารถในการทำวิจัยในชั้นเรียนด้านการวิเคราะห์ข้อมูลของนักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ($p = 0.852$, NFI=0.997, CFI=1.000, GFI=0.986 และ RMSEA=0.000) กล่าวได้ว่าการจัดอบรมในครั้งนี้ทำให้นักศึกษามีพัฒนาการความสามารถในการทำวิจัยในชั้นเรียนด้านการวิเคราะห์ข้อมูลเพิ่มขึ้น ผู้วิจัยยังพบอีกว่า ในการจัดการอบรมเชิงปฏิบัติการควรจัดการอบรมเพื่อเพิ่มพัฒนาการของทักษะในการทำวิจัยในชั้นเรียน ดังนั้น การจัดอบรมแค่ 1 วัน ไม่น่าจะเพียงพอที่จะเพิ่มความสามารถในการทำวิจัยในชั้นเรียนด้านการวิเคราะห์ข้อมูลได้อย่างแท้จริง จึงต้องใช้ระยะเวลาในการอบรมเพิ่มขึ้น

2.7.2 งานวิจัยต่างประเทศ

Lee และ Wimmers (2017). ได้ทำการวิจัย โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อกำหนดทิศทางและขอบเขตของคะแนนนักศึกษาแพทย์ (เท่าที่สังเกตจากอาจารย์ผู้สอนกลุ่มเล็ก) ในโดเมนที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการเรียนรู้สี่โดเมนจะเปลี่ยนไปเป็นช่วงเก้าปีติดต่อกันในช่วงสองปี (การแก้ปัญหา / การ

ใช้ข้อมูล กระบวนการกลุ่ม / ความเป็นมืออาชีพ) การสร้างแบบจำลองเส้นโค้งการเติบโตแบบแฝงถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์วิถีการปฏิบัติงานในแต่ละโดเมนของผู้เรียนปีที่หนึ่งและปีที่สอง จำนวน 296 คน ความชันของอัตราพัฒนาการ แสดงการเพิ่มขึ้นเชิงเส้นที่คล้ายกันในสามโดเมนแรก การวิเคราะห์เพิ่มเติมเผยให้เห็นความแปรปรวนของบุคคลที่แข็งแกร่งในคะแนนเริ่มต้น แต่ไม่ได้เพิ่มขึ้นในภายหลัง ในทางกลับกันความเป็นมืออาชีพนั้นมีความแปรปรวนต่ำและมีความชันเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ในการศึกษาครั้งนี้เราแสดงให้เห็นว่าโดเมนการเรียนรู้ (การแก้ปัญหาการใช้ข้อมูลและกระบวนการกลุ่ม) ที่สังเกตได้ในระหว่างบทเรียน PBL ไม่เพียง แต่เกี่ยวข้องกัน แต่ยังพัฒนาขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อเวลาผ่านไป ความเป็นมืออาชีพตรงกันข้ามกับโดเมนอื่น ๆ ที่ศึกษาได้รับผลกระทบน้อยกว่าจากหลักสูตรที่แนะนำว่าสิ่งนี้แสดงถึงลักษณะที่มั่นคง การสังเกตว่าการสอนแบบ PBL มีประโยชน์เท่าเทียมกันสำหรับผู้เรียนทุกคนเป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นต้องมีการตรวจสอบเพิ่มเติม

Lin และ Chen (2015). ได้ทำการวิจัยโดยสำรวจกับผู้เรียนในชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 – ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อศึกษาแผนการศึกษาของไต้หวันและการสร้างโมเดลเส้นโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงแฝง เพื่อทำการศึกษาระยะยาวสำหรับการสำรวจผลของการเรียนภาคฤดูร้อนและการเรียนรู้หลังเลิกเรียนเกี่ยวกับช่องว่างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างผู้เรียนมัธยมปลายที่มีสถานะทางเศรษฐกิจแตกต่างกัน ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าสถานภาพทางเศรษฐกิจและสังคมของครอบครัวที่สูงของผู้เรียนวัยรุ่นส่งผลให้มีการเรียนรู้ภาคฤดูร้อนหรือหลังเลิกเรียนมากขึ้น รวมถึงความคาดหวังในตนเองที่สูงขึ้น ซึ่งจะช่วยให้พวกเขาบรรลุผลการเรียนรู้ที่ดีขึ้น วัยรุ่นและส่งผลให้อัตราการเรียนรู้เพิ่มขึ้นสูงกว่าสถานภาพทางเศรษฐกิจและสังคมของครอบครัวที่มีระดับต่ำ แตกต่างจากผลของการเรียนรู้ภาคฤดูร้อน ผู้เรียนจากครอบครัวชาวไต้หวันที่มีฐานะทางเศรษฐกิจและสังคมสูง ไม่เพียงแต่ได้รับประโยชน์จากการเรียนรู้ในช่วงฤดูร้อน แต่ยังได้รับการสนับสนุนจากการเรียนรู้หลังเลิกเรียนเพิ่มเติม ช่วยให้พวกเขายังคงเพิ่มช่องว่างกับผู้เรียนสถานะทางเศรษฐกิจและสังคมของครอบครัวต่ำ

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง พบว่างานวิจัยเชิงทดลองที่ใช้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง ได้ใช้แบบแผนวิจัยแบบกึ่งทดลอง กำหนดขนาดตัวอย่างในการทดลองจำนวน 188 คน จากจำนวนพารามิเตอร์ ซึ่งมีจำนวน 21 พารามิเตอร์ ตามที่ Hair และคนอื่น ๆ (2006). กำหนดให้ต้องใช้จำนวนตัวอย่าง 5 – 20 คน ต่อ 1 พารามิเตอร์ที่ต้องการประมาณค่า จึงได้ค่าขั้นต่ำคือ 105 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลองจำนวน 93 คน และกลุ่มควบคุม จำนวน 95 คน โดยมีการเก็บข้อมูลจำนวน 4 ครั้ง ระยะห่างในการเก็บข้อมูลเวลา 1

สัปดาห์ ซึ่งในการทดลองจำนวน 4 ครั้ง พบว่าในการเก็บข้อมูลครั้งที่ 4 มีคะแนนลดลง เนื่องจากผู้วิจัยใช้วิธีการเดิมในการพัฒนาผู้เรียน จึงทำให้ผู้เรียนเบื่อหน่าย และไม่มีการพัฒนาที่ดีเท่าที่ควร

ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกกำหนดลักษณะตัวอย่างในการทดลองจากเกณฑ์ของ Hair และคนอื่น ๆ (2006). ที่กำหนดให้ต้องใช้จำนวนตัวอย่าง 5 – 20 คน ต่อ 1 พารามิเตอร์ที่ต้องการประมาณค่า โดยงานวิจัยเรื่องนี้มีจำนวนพารามิเตอร์ 16 พารามิเตอร์ จึงได้ค่าขั้นต่ำคือ 5 x 20 = 100 คน ผู้วิจัยจึงใช้ตัวอย่างจำนวน 180 คน และใช้การวัดซ้ำจำนวน 5 ครั้ง โดยวัด ก่อนการทดลอง ระหว่างการทดลอง หลังการทดลองครั้งที่ 1 และหลังการทดลองครั้งที่ 2 โดยทิ้งระยะห่างในการวัดแต่ละครั้งเป็นเวลา 2 สัปดาห์

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่องการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ของผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง : ประยุกต์การใช้โค้งพัฒนาการ ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดประชากรและตัวอย่าง

ขั้นตอนที่ 2 การพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง และพัฒนาเครื่องมือวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์

ขั้นตอนที่ 3 การศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้งที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์

โดยในแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดของการดำเนินงาน แสดงได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดประชากรและการสุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้เป็นผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายประถม) ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 8 ห้องเรียน รวมจำนวนผู้เรียน 240 คน ซึ่งโรงเรียนจัดห้องเรียนแบบคละความสามารถ

ตัวอย่าง

ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายประถม) ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 ในการวิเคราะห์โค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง จำเป็นต้องกำหนดจำนวนตัวอย่าง 5 – 20 คน ต่อ 1 พารามิเตอร์ที่ต้องการประมาณค่า (Hair และคนอื่น ๆ, 2006) ซึ่งงานวิจัยนี้มีจำนวนพารามิเตอร์ 20 พารามิเตอร์ จึงได้จำนวนขั้นต่ำคือ 100 คน และเนื่องจากเป็นรูปแบบการสอนออนไลน์จึงมีการเผื่อจำนวนตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยเพิ่มขึ้นเพื่อป้องกันการขาดหายของข้อมูล (missing data) ผู้วิจัยจึงเลือกกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างเพิ่มขึ้นโดยเลือกใช้ตัวอย่างจำนวน 6 ห้องเรียน ที่มีจำนวนรวมทั้งสิ้น 180 คน ตัวอย่างได้มาจากการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (cluster random sampling) โดยมีห้องเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม

ขอบเขตด้านเนื้อหา

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นเนื้อหากลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ รายวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

ขอบเขตด้านตัวแปร

ตัวแปรอิสระ คือ การจัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

ตัวแปรตาม คือ ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์

แบบแผนการทดลอง

แบบแผนที่ใช้ในการทดลอง ผู้วิจัยใช้แบบแผนการทดลองโดยปรับปรุงจากแบบอนุกรมเวลาอย่างง่าย (Single-Group Interrupted Time-Series Design) ของ Creswell (2018) โดยเก็บข้อมูลจำนวน 5 ครั้ง คือ ก่อนการทดลอง หลังการทดลอง ครั้งที่ 1 หลังการทดลอง ครั้งที่ 2 ติดตามผลหลังการทดลอง ครั้งที่ 1 และ ติดตามผลหลังการทดลอง ครั้งที่ 2 ซึ่งแต่ละครั้งมีระยะห่างครั้งละ 2 สัปดาห์ และมีการใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งครบทั้งกระบวนการทุกแผนการเรียนรู้ ซึ่งมีลักษณะดังนี้

แบบแผนที่ใช้ในการทดลอง

กลุ่ม 1	Obs1	Tx1	Obs2	Tx2	Obs3	Obs4	Obs5

โดยที่ กลุ่มที่ 1 หมายถึง กลุ่มทดลอง (experimental group)

Tx1 หมายถึง การจัดการเรียนรู้แบบ สืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง แผนการเรียนรู้ที่ 1 - 2

Tx1 หมายถึง การจัดการเรียนรู้แบบ สืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง แผนการเรียนรู้ที่ 3 - 4

Obs1 หมายถึง การวัดผลก่อนการทดลอง (pretest observation)

Obs2 หมายถึง การวัดผลหลังการทดลอง ครั้งที่ 1 (posttest observation)

Obs3 หมายถึง การวัดผลหลังการทดลอง ครั้งที่ 2 (posttest observation)

Obs4	หมายถึง	การติดตามผลหลังการทดลอง ครั้งที่ 1 (follow - up observation)
Obs5	หมายถึง	การติดตามผลหลังการทดลอง ครั้งที่ 2 (follow - up observation)

ขั้นตอนที่ 2 การพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง และพัฒนาเครื่องมือวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์

1. การพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง มีขั้นตอนดังนี้

1.1 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) จุดมุ่งหมายของหลักสูตร คำอธิบายรายวิชา ผลการเรียนรู้ที่คาดหวังของกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ และโครงสร้างรายวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เพื่อนำมาใช้ในการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้

1.2 ศึกษาแนวคิด เอกสาร และผลการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

1.3 จัดทำ (ร่าง) แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง จำนวน 4 หน่วยการเรียนรู้ และเอกสารประกอบการเรียนรู้ ตามเนื้อหา และจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ศึกษาให้สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ โดยประกอบด้วย จุดประสงค์การเรียนรู้ ขั้นตอนการดำเนินกิจกรรม 8 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ระบุและแนะนำปัญหา (Identify the Task and the Guiding Question) คือ การแนะนำหัวข้อสำคัญที่ควรศึกษาและเริ่มการสำรวจ ขั้นตอนนี้ผู้สอนต้องทำหน้าที่เพื่อดึงดูดความสนใจของผู้เรียน เชื่อมโยงเนื้อหาระหว่างประสบการณ์การเรียนรู้ในอดีตและปัจจุบัน และเพื่อให้เป้าหมายของกิจกรรมที่กำลังจะเกิดขึ้นให้ชัดเจน

ขั้นที่ 2 ออกแบบกระบวนการและรวบรวมข้อมูล (Design a Method and Collect Data) การสร้างและการรวบรวมข้อมูล คือ การที่ผู้เรียนทำงานกันเป็นกลุ่ม เพื่อพัฒนาและใช้วิธีการของตนเอง เพื่อตอบคำถามที่ผู้สอนให้ จุดประสงค์ของขั้นตอนนี้คือการให้โอกาสผู้เรียนในการเรียนรู้วิธีการออกแบบและดำเนินการตรวจสอบข้อมูลวิเคราะห์ข้อมูลและเรียนรู้วิธีจัดการกับความคลุมเครือของงานที่ได้รับมอบหมาย

ขั้นที่ 3 สร้างข้อโต้แย้งเบื้องต้น (Develop an Initial Argument) คือ การให้ผู้เรียนสร้างลำดับการคิดที่น่าเชื่อถือด้วยหลักฐานและเหตุผลที่สามารถแบ่งปันกับผู้อื่นได้ เป็นข้อสรุปการคาดเดา คำอธิบาย ข้อความเชิงพรรณนาหรือคำตอบของคำถาม ซึ่งในขั้นตอนนี้เน้น

ความสำคัญของการโต้แย้ง ผู้เรียนต้องสามารถสนับสนุนคำอธิบายข้อสรุปหรือคำตอบของคำถามที่มีหลักฐานที่เหมาะสมและมีเหตุผลเพียงพอ

ขั้นที่ 4 อภิปรายข้อโต้แย้งเบื้องต้น (Argumentation Session) คือ ผู้เรียนจะแบ่งปันข้อโต้แย้งซึ่งกันและกัน ผู้เรียนจะมีส่วนร่วมในการประเมินคำอภิปรายเหล่านั้นเพื่อตัดสินว่าข้อใดถูกต้องที่สุด ผู้นำเสนอจะได้ทบทวนและปรับปรุงข้อโต้แย้งของตนนอกจากนี้ยังช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะการสื่อสารและการนำเสนอด้วย

ขั้นที่ 5 สรุปและสะท้อนผลการโต้แย้ง (Explicit and Reflective Discussion) คือ ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันอภิปรายที่เนื้อหาที่เป็นหัวใจสำคัญของการแก้ปัญหา เพื่อให้ผู้เรียนวิธีออกแบบการแก้ปัญหาที่ดีขึ้นในอนาคต

ขั้นที่ 6 เขียนรายงานผลการโต้แย้ง (Write an Investigation Report) คือ ขั้นตอนที่ผู้เรียนแต่ละคนเขียนรายงานการแก้ปัญหา ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาที่เป็นหัวใจสำคัญของปัญหาที่ได้รับมอบหมาย และเรียนรู้วิธีวิเคราะห์และตีความข้อมูล พัฒนาและใช้แบบจำลอง ใช้คณิตศาสตร์หรือการคิดเชิงคำนวณ สร้างคำอธิบาย โต้แย้งจากหลักฐาน และสื่อสารข้อมูล นอกจากนี้ยังช่วยให้นักเรียนพัฒนาความสามารถในการเขียนขั้นตอนการแก้ปัญหาอีกด้วย

ขั้นที่ 7 ตรวจสอบโดยเพื่อน (Double-Blind Group Peer Review) คือ ผู้เรียนแต่ละกลุ่มจะตรวจสอบรายงานการสอบสวนซึ่งกันและกัน เพื่อให้แน่ใจว่ามีคุณภาพและให้ข้อเสนอแนะที่จำเป็นแก่เพื่อนร่วมชั้นในการปรับปรุง ขั้นตอนการสอบถามโดยใช้ข้อโต้แย้งนี้ช่วยให้นักเรียนเรียนรู้วิธีประเมินข้อมูล นอกจากนี้ยังช่วยให้นักเรียนพัฒนาความสามารถในการอ่านและวิจารณ์ข้อความที่มีการโต้แย้ง

ขั้นที่ 8 ปรับปรุงรายงานฉบับสมบูรณ์ (Revise and Submit the Report) คือ การให้ผู้เรียนแก้ไขและปรับปรุง รายงานผลการสำรวจตรวจสอบตามคำแนะนำของเพื่อน จากผลการประเมินที่ได้จากกิจกรรมการตรวจสอบโดยเพื่อน

โดยแผนการจัดกการเรียนรู้มีโครงสร้าง ดังนี้

ตาราง 6 แสดงโครงสร้างแผนการจัดกการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

หน่วยการเรียนรู้ที่	เรื่อง	จำนวน (คาบ)
1	สมการ	3
2	ร้อยละ	3
3	อัตราส่วน	3
4	มาตราส่วน	3

1.4 นำตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง จำนวน 1 หน่วยการเรียนรู้ เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ในการสอนวิชาคณิตศาสตร์ จำนวน 4 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์สอนด้วยวิธีการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง จำนวน 1 ท่าน ได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง เพื่อพิจารณาและให้คำแนะนำเกี่ยวกับความเหมาะสมของกระบวนการของแผนการจัดการเรียนรู้ ความเหมาะสมของสื่อและเอกสารประกอบการจัดการเรียนรู้ จากนั้นนำข้อเสนอแนะที่ได้มาปรับปรุง ซึ่งได้รับข้อเสนอแนะ ดังนี้

“ปรับกิจกรรมให้ผู้เรียนเข้าใจง่ายมากขึ้น เพื่อช่วยช่วยสะท้อนจุดประสงค์ให้ชัดเจน”

ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1

“ปรับระยะเวลาในการทำกิจกรรมให้เหมาะสม เพื่อให้กิจกรรมดำเนินได้เหมาะสม”

ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 2

“ปรับรายละเอียดสถานการณ์ให้มากขึ้น เพื่อให้ผู้สอนที่นำไปใช้สามารถดำเนินกิจกรรมได้ตรงตามจุดประสงค์”

ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 3

1.5 นำตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งที่ปรับแก้แล้ว 1 หน่วยการเรียนรู้ ไปทดลองใช้ (Try Out) กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายประถม) ที่ไม่ใช่ตัวอย่าง จำนวน 1 ห้องเรียน ห้องเรียนละ 30 คน เพื่อเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพด้านความเหมาะสมของกระบวนการ เวลาที่ใช้ รวมถึงความเหมาะสมของสื่อและเอกสารประกอบการจัดการเรียนรู้โดยการสัมภาษณ์และการสังเกต จากนั้นนำผลการทดลองใช้มาปรับปรุงแก้ไข

1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งเบื้องต้น จำนวน 4 หน่วยการเรียนรู้ เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน เพื่อตรวจสอบคุณภาพในด้านความเหมาะสมของความสอดคล้องขององค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ กระบวนการจัดการเรียนรู้ สื่อและแหล่งการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผล โดยมีเกณฑ์การพิจารณา ดังนี้

การประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้งเพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์จากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ โดยใช้ส่วนประมาณค่า (Rating scales) 5 ระดับ คือ (บุญชม ศรีสะอาด, 2556)

4.51 - 5.00	คะแนน	หมายถึง มีความเหมาะสมมากที่สุด
3.51 – 4.50	คะแนน	หมายถึง มีความเหมาะสมมาก
2.51 – 3.50	คะแนน	หมายถึง มีความเหมาะสมปานกลาง
1.51 – 2.50	คะแนน	หมายถึง มีความเหมาะสมน้อย
0.51 – 1.50	คะแนน	หมายถึง มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้งเพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์จากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ระดับความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้งเพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ของมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุดทุกด้าน โดยด้านสื่อและแหล่งเรียนรู้มีคะแนนความเหมาะสมเฉลี่ยสูงที่สุด (M= 4.73, SD= 0.31) ตามด้วยด้านความสอดคล้องขององค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ ($\bar{\chi}$ = 4.73, SD= 0.31) ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้ ($\bar{\chi}$ = 4.63, SD= 0.32) และด้านการวัดและประเมินผล ($\bar{\chi}$ = 4.20, SD= 0.00) ตามลำดับดังที่แสดงในตาราง 7

ตาราง 7 แสดงระดับความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้งเพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์จากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (n=5)

ประเด็นการประเมิน	ระดับความเหมาะสม		การแปลความหมาย
	$\bar{X}$	SD	
ความสอดคล้องขององค์ประกอบของแผนฯ	4.73	0.31	มากที่สุด
1. เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5.00	0.00	มากที่สุด
2. กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับเนื้อหา	4.80	0.45	มากที่สุด
3. กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.40	0.55	มาก
กระบวนการจัดการเรียนรู้	4.63	0.32	มากที่สุด
1. กิจกรรมการเรียนรู้อ่านแล้วเข้าใจง่าย สามารถจัดกิจกรรมได้ตามแผน	4.60	0.89	มากที่สุด
2. กิจกรรมการเรียนรู้เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	4.80	0.45	มากที่สุด
3. กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับเวลาที่กำหนด	4.00	0.71	มาก
4. กิจกรรมมีการบูรณาการเนื้อหาและการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง	4.80	0.45	มากที่สุด
5. กิจกรรมมีคำถามที่ส่งเสริมแนวคิดให้กับผู้เรียน	4.80	0.45	มากที่สุด
6. กิจกรรมที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน	4.80	0.45	มากที่สุด
สื่อและแหล่งเรียนรู้	4.80	0.00	มากที่สุด
1. สื่อการเรียนรู้มีความหลากหลาย	4.80	0.45	มากที่สุด
2. สื่อการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับเนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้	4.80	0.45	มากที่สุด

ตาราง 7 (ต่อ)

ประเด็นการประเมิน	ระดับความเหมาะสม		การแปลความหมาย
	$\bar{\chi}$	SD	
การวัดและประเมินผล	4.20	0.00	มากที่สุด
1. การวัดและการประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.20	0.84	มากที่สุด
2. การวัดและการประเมินผลสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	4.20	0.84	มากที่สุด
รวมทั้งสิ้น	4.62	0.31	มากที่สุด

จากตารางข้างต้นผู้เชี่ยวชาญได้มีการให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมสำหรับการปรับปรุงแก้ไข ดังนี้

“เพิ่มให้รายละเอียดกิจกรรมให้มากขึ้น เพื่อช่วยช่วยสะท้อนจุดประสงค์ให้ชัดเจน”

ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1

“กิจกรรมในแต่ละขั้นจะคล้ายกันในแต่ละแผนควรออกแบบและปรับกิจกรรมในแผนการสอนให้แผนการสอนท้ายๆ นักเรียนยังคงสนใจร่วมกิจกรรม”

ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 2

“ปรับการวัดประเมินผลให้ชัดเจน เพื่อให้สามารถสะท้อนจุดประสงค์ได้”

ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 3

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้มีการสัมภาษณ์ผู้เรียน เพื่อสอบถามความพึงพอใจ และความคิดเห็นที่มีต่อวิธีการจัดการเรียนรู้ที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจในกิจกรรมการเรียนรู้ สามารถเข้าใจในเนื้อหาที่เรียนได้มากขึ้น และมีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มขึ้น โดยมีรายละเอียดดังนี้

รู้สึกชอบที่ได้เรียนแบบนี้ เนื่องจากนักเรียนไม่ชอบการเรียนที่ต้องทำตามตัวอย่าง วิธีการนี้ทำให้ตัวนักเรียนสามารถสร้างวิธีการหาคำตอบได้ด้วยตัวเอง ทำให้รู้สึกสนุกกับการเรียนวิชาคณิตศาสตร์มากขึ้น”

นักเรียนคนที่ 1

"ในครั้งแรกที่ได้เห็นสถานการณ์ปัญหาที่ครูกำหนดให้รู้สึกว่าทำไม่ได้ เพราะไม่เคยเรียนแบบนี้มาก่อน แต่เมื่อได้ฟังเพื่อนเสนอวิธีการคิดของตนเองก็ทำให้สามารถเข้าใจในสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ได้ และสามารถแก้ปัญหาได้ด้วยตนเอง แต่อยากให้ครูพิจารณาเรื่องสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดให้ให้สามารถเข้าใจได้ง่ายกว่านี้"

นักเรียนคนที่ 2

"เดิมรู้สึกไม่อยากเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เพราะตนเองมักมีวิธีการคิดไม่เหมือนกับตัวอย่างในหนังสือ วิธีการเรียนแบบนี้ทำให้ตนเองสามารถแสดงความเป็นตนเองได้มากขึ้น และชอบเวลาได้โต้แย้งกับเพื่อนด้วยเหตุผล ทำให้เห็นด้านใหม่ๆของเพื่อน และรู้จักยอมรับในตัวเพื่อนคนอื่น"

นักเรียนคนที่ 3

1.7 นำผลการตรวจสอบคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้จากผู้เชี่ยวชาญมาดำเนินการปรับปรุงแก้ไข

1.8 นำแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งที่ปรับแก้แล้ว 1 แผนการจัดการเรียนรู้ ไปทดลองใช้ (Try Out)

2. การพัฒนาแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ มีขั้นตอน ดังนี้

2.1 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) เพื่อนำมากำหนดเป็นโครงเรื่องในการทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ ในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

2.2 กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ ใช้กำหนดเกณฑ์การให้คะแนน (Scoring Rubric) มีคะแนนเต็มข้อละ 6 คะแนน โดยวัดจากความถูกต้องของคำตอบ (1 คะแนน) ลำดับการให้เหตุผลมีความแปลกใหม่สามารถอภิปรายเสนอประเด็น ได้ต่างจากรูปแบบเดิมที่ครูเคยสอนในห้องเรียน (1 คะแนน) ลำดับการให้เหตุผลมีหลักฐานประกอบที่ทำให้เชื่อได้ว่าลำดับการให้เหตุผลนั้นดีที่สุด (1 คะแนน) การให้เหตุผลถูกต้องตรงตามหลักการทางคณิตศาสตร์ (1 คะแนน) และการอธิบายมีความชัดเจนตรงตามบริบทของเนื้อหา (1 คะแนน)

2.3 สร้างตารางวิเคราะห์ข้อสอบให้สอดคล้องกับตัวชี้วัด จุดประสงค์การเรียนรู้ และสาระการเรียนรู้แกนกลาง สำหรับผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

2.4 จัดทำ (ร่าง) แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ เป็นแบบอัตนัย จำนวน 10 ข้อ พร้อมเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบิค (Scoring Rubric) เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ความสอดคล้องของเนื้อหา และจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยพิจารณาค่าความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้

2.5 นำผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน มาวิเคราะห์ผลการตรวจสอบความเที่ยงตรงทางด้านเนื้อหา โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (Index of Item - objective Congruence : IOC) จากนั้นจึงนำมาปรับปรุงแก้ไข โดยเลือกข้อคำถามที่มีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.5 – 1.0

ผลการตรวจสอบความเที่ยงตรงทางด้านเนื้อหาพบว่าทั้ง 10 ข้อมีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (IOC) เท่ากับ 1.0 ทุกข้อ ดังแสดงในตารางที่ 8

ตาราง 8 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับนิยามเชิงปฏิบัติการ (IOC) ของแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ จากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (n=5)

ข้อที่	ค่า IOC	การแปลความหมาย
1	1.00	ผ่าน
2	1.00	ผ่าน
3	1.00	ผ่าน
4	1.00	ผ่าน
5	1.00	ผ่าน
6	1.00	ผ่าน
7	1.00	ผ่าน
8	1.00	ผ่าน
9	1.00	ผ่าน
10	1.00	ผ่าน

2.7 นำ (ร่าง) แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ จำนวน 10 ข้อ ไปทดลองใช้ (Try Out) กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายประถม) ที่ไม่ใช่ตัวอย่างและได้รับการจัดการเรียนรู้แล้ว จำนวน 6 คนที่มีความสามารถ 3 ระดับ คือ เก่ง กลาง อ่อน พิจารณาจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน นำผลการทดลองใช้ มาตรวจสอบภาษาที่ใช้ ความเหมาะสมของข้อคำถามโดยการสัมภาษณ์ และวิเคราะห์คุณภาพเครื่องมือ โดยใช้เกณฑ์ดังนี้

2.7.1 ค่าความยากง่าย (Item Difficulty) ด้วยวิธีการวิเคราะห์ข้อสอบแบบแบ่งครึ่ง 50% ใช้เกณฑ์พิจารณาในการคัดเลือกข้อคำถามที่มีค่ามากกว่า 0.20 ขึ้นไป (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556)

2.7.2 ค่าอำนาจจำแนก (Discrimmination: r) ด้วยวิธีของ D.R Whitney และ D.L Sabers ใช้เกณฑ์พิจารณาในการคัดเลือกข้อคำถามที่มีค่ามากกว่า 0.20 ขึ้นไป (บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์, 2545)

2.7.3 ความเชื่อมั่น (Reliability) ด้วยสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟ่าของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) โดยใช้เกณฑ์พิจารณาความเชื่อมั่นไม่ต่ำกว่า 0.50 (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556)

ผลการตรวจสอบประสิทธิภาพของแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์พบว่ามีข้อคำถามที่สามารถนำไปใช้ได้จำนวน 6 ข้อ เนื่องจากมีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.35 – 0.40 มีค่าอำนาจจำแนกระหว่าง 0.30 - 0.55 และมีค่าความเชื่อมั่น (α) ทั้งฉบับเท่ากับ 0.86 ดังที่แสดงในตาราง 9

ตาราง 9 แสดงค่าอำนาจจำแนก (r) ค่าความยากง่าย (Item Difficulty) และค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ทั้งฉบับของแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์จากตัวอย่าง (n=6)

ข้อที่	ค่าอำนาจจำแนก (r)	ค่าความยากง่าย	ค่าความเชื่อมั่น (α
1	0.50	0.43	
2	0.44	0.35	
3	0.00	0.08	0.86
4	-0.07	0.35	
5	-0.27	0.42	

ตาราง 9 (ต่อ)

ข้อที่	ค่าอำนาจจำแนก (r)	ค่าความยากง่าย	ค่าความเชื่อมั่น (α
6	0.40	0.33	
7	0.20	0.31	
8	0.44	0.35	0.86
9	0.00	0.36	
10	0.30	0.40	

นอกจากการวิเคราะห์คุณภาพของข้อคำถามตามเกณฑ์แล้ว ผู้วิจัยได้มีการสัมภาษณ์นักเรียนถึงความเหมาะสมและภาษาที่ใช้ในข้อคำถาม ได้ข้อสังเกตดังนี้

"คำถามข้อที่ 1 ควรมีการเกริ่นนำก่อนถามคำถาม เพราะทำให้นักเรียนไม่เข้าใจคำถามในครั้งแรกที่อ่าน และ คำถามข้อที่ 8 ให้ภาษากำกวม ทำให้เข้าใจคำถามได้ยาก"

นักเรียนคนที่ 1

"คำถามข้อที่ 4 ยากเกินไปสำหรับนักเรียน"

นักเรียนคนที่ 2

จากผลการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือผู้วิจัยจึงเลือกข้อคำถามที่ใช้ในการทดลองจำนวน 5 ข้อ คือ ข้อ 1, 2, 6, 8 และ ข้อ 10 ส่วนข้อ 7 มีประสิทธิภาพผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ แต่ถูกคัดออกเนื่องจากมีค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความยากง่ายต่ำที่สุด (r = 0.20, p=0.31) ข้อ 4, 5 และข้อ 9 ถูกคัดออกเนื่องจากมีค่าอำนาจจำแนกต่ำกว่า 0.20 และ ข้อ 3 ถูกคัดออกเนื่องจากมีค่าอำนาจจำแนกต่ำกว่า 0.02 และ มีค่าความยากง่ายต่ำกว่า 0.20

ขั้นตอนที่ 3 การศึกษาความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลตามขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นเตรียมการก่อนการทดลอง

สนทนากับผู้เรียนเกี่ยวกับเนื้อหาในบทเรียน แนวทางการจัดการเรียนรู้ และการวัดและการประเมินผลเพื่อให้ผู้เรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งที่ต้องเรียนรู้

2. ขั้นดำเนินการทดลอง

2.1 ก่อนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยทำการวัดก่อนเรียนด้วยแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ ซึ่งเป็นแบบวัดแบบอัตนัย จำนวน 5 ข้อ

2.2 ดำเนินการทดลองโดยผู้วิจัยจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง จำนวน 180 คน โดยใช้เนื้อหาสาระเดียวกัน มีเอกสารประกอบการเรียน การวัดและประเมินผลผู้เรียนเช่นเดียวกัน

3. ขั้นประเมินการจัดการเรียนรู้

เมื่อจัดการเรียนรู้ 2 หน่วยการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยทำการทดสอบอีกครั้งโดยใช้แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ จากนั้นวัดซ้ำอีกครั้งหลังจากจัดการเรียนรู้ครบ 4 หน่วยการจัดการเรียนรู้ และวัดอีกครั้งเมื่อทิ้งเวลาผ่านไป 2 สัปดาห์ และ 4 สัปดาห์ โดยแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ที่ใช้วัดในแต่ละครั้งมีจำนวน 5 ข้อ และองค์ประกอบในการคิดเช่นเดียวกับแบบวัดก่อนการทดลอง แต่จะมีการปรับเปลี่ยนบริบทของสถานการณ์ปัญหาให้แตกต่างกัน จากนั้นนำคะแนนที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์โดยวิธีการทางสถิติ

การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อพัฒนาเครื่องมือ

1.1 วิเคราะห์หาค่าความเที่ยงตรงของแผนการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item – Objective Congruence : IOC)

1.2 ค่าความยากง่าย (Item Difficulty) ด้วยวิธีการวิเคราะห์ข้อสอบแบบแบ่งครึ่ง 50%

1.3 ค่าอำนาจจำแนก (Discrimmination: r) ด้วยวิธีของ D.R Whitney และ D.L Sabers

2.7.4 ความเชื่อมั่น (Reliability) ด้วยสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟ่าของครอนบาค (Cronbach’s Alpha Coefficient)

2. การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตรวจสอบสมมติฐาน มีวิธีดำเนินการดังนี้

ผู้วิจัยนำคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ มาทำการวิเคราะห์ ผู้วิจัยแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น

2.1 สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

2.1.1 ค่าเฉลี่ย (Mean)

2.1.2 ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation : S.D.)

2.2 การเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง โดยใช้สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (One - way Repeated Measures ANOVA)

2.3 การวิเคราะห์โค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง (Latent Growth Curve Analysis) โดยใช้โปรแกรมการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างเชิงเส้น MPlus

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเรื่องการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง : ประยุกต์ใช้การวิเคราะห์โค้งพัฒนาการ เป็นวิจัยกึ่งทดลอง ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาผลการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ของผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียน 2) ศึกษาอิทธิพลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งที่มีต่อคะแนนดั้งเดิม และอัตราพัฒนาการของความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ ผู้วิจัยแบ่งการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ จากการทดสอบ ในช่วงเวลาต่างกัน

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงของความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์หลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นของคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 180 คน พบว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จากการวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงบรรยาย พบว่า คะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบแต่ละครั้ง มีค่าเท่ากับ 7.389 คะแนน (S.D. = 4.321) 12.144 คะแนน (S.D. = 5.552) 17.328 คะแนน (S.D. = 5.831) 19.856 คะแนน (S.D. = 5.502) และ 22.283 คะแนน (S.D. = 5.328) จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน ตามลำดับ แสดงว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีการเพิ่มขึ้นทุกครั้งที่มีการทดสอบ

พิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย พบว่า การทดสอบก่อนการทดลอง มีค่าสัมประสิทธิ์การกระจายต่ำที่สุด คือ 18.571 แต่มีการเพิ่มขึ้นในการทดสอบหลังการทดลองครั้งที่ 1 (C.V. = 30.657) และ หลังการทดลองครั้งที่ 2 (C.V. = 33.820) แสดงว่าก่อนการทดลองมีการกระจายตัวของคะแนนต่ำที่สุด แต่มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นในการทดสอบหลังการทดลองครั้งที่ 1 และ หลังการทดลองครั้งที่ 2 และลดลงอีกครั้งในการทดสอบติดตามผลครั้งที่ 1 (C.V. = 30.112) และ ติดตามผลครั้งที่ 2 (C.V. = 28.236)

เมื่อพิจารณาความเบ้ (Skewness) และความโด่ง (Kurtosis) พบว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงสร้างสรรค์ก่อนการทดลองของนักเรียน มีการกระจายของข้อมูลไม่อยู่ในรูปแบบการแจกแจงแบบปกติ เนื่องจากมีค่าความโด่งมากกว่า 2 (2.966) ซึ่งสัมพันธ์กับค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย แต่ในการทดสอบครั้งอื่นๆ มีการกระจายของข้อมูลอยู่ในรูปแบบใกล้เคียงการแจกแจงแบบปกติ ดังแสดงในตารางที่ 10

ตาราง 10 แสดงค่าสถิติพื้นฐานคะแนนความสามารถการให้เหตุผลเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในการทดสอบแต่ละครั้ง

ค่าสถิติ	คะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงสร้างสรรค์				
	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลองครั้งที่ 1	หลังการทดลองครั้งที่ 2	ติดตามผลครั้งที่ 1	ติดตามผลครั้งที่ 2
คะแนนเต็ม	30	30	30	30	30
ค่าเฉลี่ย (Mean)	7.389	12.144	17.328	19.856	22.283
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	4.321	5.552	5.831	5.502	5.328
สัมประสิทธิ์การกระจาย (C.V.)	18.571	30.657	33.820	30.112	28.236
คะแนนต่ำสุด (Min)	2	4	9	11	13
คะแนนสูงสุด (Max)	24	26	28	29	30
ความเบ้ (Skewness)	1.843	0.745	0.143	-0.022	-0.166
ความโด่ง (Kurtosis)	2.966	-0.493	-1.425	-1.406	-1.336

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ จากการทดสอบในช่วงเวลาต่างกัน

การวิเคราะห์โค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงที่คะแนนที่เปลี่ยนแปลงจะต้องมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาอย่างเป็นระบบ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ตรวจสอบความแตกต่างระหว่างคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงสร้างสรรค์จากการทดสอบครั้งที่ 1 – 5 ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (One - way Repeated Measures ANOVA) เพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงสร้างสรรค์ตามจำนวนครั้งที่ทดสอบ

ผลการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นจากการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร (Compound Symmetry) ด้วยการทดสอบ Mauchly's Test of Sphericity พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (Mauchly's w = 0.116, χ^2 = 382.171, df = 9, p <.001) แสดงว่า ความแปรปรวนของผลต่างระหว่างการทดสอบแต่ละครั้งมีขนาดแตกต่างกัน ดังที่แสดงในตาราง 11

ตาราง 11 ผลการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นจากการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร (Compound Symmetry)

Within Subjects Effect	Mauchly's w	Approx. Chi-Square	df	Sig.	Epsilon		
					Greenhouse - Geisser	Huyn-Feldt	Lower-bound
ระหว่างช่วงเวลา	0.116	382.171	9	<.001	.521	.528	.250

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผู้วิจัยจึงใช้การแปลผลจากผลการวิเคราะห์ Greenhouse - Geisser ซึ่งพบว่า ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนจากการทดสอบแต่ละครั้ง ค่าสถิติทดสอบเอฟ (F-test) มีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 แสดงว่าช่วงเวลาการทดสอบแต่ละครั้งมีทำให้คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์แตกต่างกัน จึงสามารถนำข้อมูลมาใช้ในการวิเคราะห์ต่อไปได้ ดังที่แสดงในตาราง 12

ตาราง 12 แสดงค่าผลการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนจากการทดสอบแต่ละครั้ง

แหล่งความแปรปรวน	Sum of square	df	Mean square	F	P
ระหว่างช่วงเวลา	26086.522	2.085	12509.685	705.502*	<.001
ความคลาดเคลื่อน	6618.678	373.270	9.244		

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการเปรียบเทียบรายคู่ของคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ จากการทดสอบแต่ละครั้ง พบว่า คะแนนความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนจากการทดสอบก่อนการทดลอง หลังการทดลองครั้งที่ 1 หลังการทดลองครั้งที่ 2 การติดตามผลครั้งที่ 1 และการติดตามผลครั้งที่ 2 ทุกคู่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p < .001$) โดยคู่ที่มีคะแนนเฉลี่ยแตกต่างกันมากที่สุดคือ การทดสอบก่อนการทดลอง และการทดสอบติดตามผลครั้งที่ 2 มีคะแนนเฉลี่ยแตกต่างกันเท่ากับ 14.894 คะแนน และคู่ที่มีคะแนนเฉลี่ยแตกต่างกันน้อยที่สุด คือ การทดสอบติดตามผลครั้งที่ 1 และการทดสอบติดตามผลครั้งที่ 2 มีคะแนนเฉลี่ยแตกต่างกันเท่ากับ 2.528 คะแนน จากข้อมูลแสดงว่านักเรียนมีความคงทนในการเรียนรู้ ดังแสดงในตาราง 13

ตาราง 13 ผลการเปรียบเทียบรายคู่ของคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ จากการทดสอบแต่ละครั้ง

ช่วงเวลา	ก่อนการทดลอง (Mean = 7.389)	หลังการทดลอง ครั้งที่ 1 (Mean = 12.144)	หลังการทดลอง ครั้งที่ 2 (Mean = 17.328)	ติดตามผล ครั้งที่ 1 (Mean = 19.856)	ติดตามผล ครั้งที่ 2 (Mean = 22.283)
ก่อนการทดลอง	-				
หลังการทดลอง ครั้งที่ 1	4.756*	-			
หลังการทดลอง ครั้งที่ 2	9.939*	5.183*	-		
ติดตามผลครั้งที่ 1	12.467*	7.711*	2.528*	-	
ติดตามผลครั้งที่ 2	14.894*	10.139*	4.956*	2.428*	-

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เมื่อนำผลค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการให้หตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์มาเปรียบเทียบกัน พบว่า รูปแบบพัฒนาการของคะแนนความสามารถในการให้หตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์มีแนวโน้มเป็นเส้นตรง ($F = 1307.819$, $p = 0.000$) แสดงในตาราง 14 และ ภาพประกอบ 7

ตาราง 14 แสดงผลการทดสอบความตรงของค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการให้หตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ในการวัดทั้ง 5 ครั้ง

สมการ	Sum of square	df	Mean square	F	p	Partial Eta square
เส้นตรง (Linear)	25312.500	1	25312.500	1307.819*	<.001	.880

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ภาพประกอบ 7 การเปลี่ยนแปลงของคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงของความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์หลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

สัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีสัญลักษณ์ที่ใช้ในการแปลผล ดังนี้

ตาราง 15 แสดงสัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์

สัญลักษณ์	แทน
R^2	ค่าสหสัมพันธ์พหุคูณยกกำลังสอง (Squared multiple correlation)
x^2	ค่าสถิติไค - สแควร์ (Chi - square)
b	ค่าพารามิเตอร์ในรูปคะแนนดิบ
β	ค่าพารามิเตอร์ในรูปคะแนนมาตรฐาน
RMSEA	ค่าประมาณความคลาดเคลื่อนของรากกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error of Approximation)
SRMR	ค่าเฉลี่ยของเศษที่เหลือจากการเปรียบเทียบค่าความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมที่ได้จากตัวอย่างกับค่าที่ประมาณจากค่าพารามิเตอร์ (Standard Root Mean Square Residual)
CFI	ดัชนีประเมินความกลมกลืนของแบบจำลอง
TLI	ดัชนีวัดระดับความสอดคล้องเปรียบเทียบของ Tucker และ Lewis
i_CMR	คะแนนดั้งเดิม
s_CMR	อัตราพัฒนาการ
TIME 1	การทดสอบก่อนการทดลอง
TIME 2	การทดสอบหลังการทดลองครั้งที่ 1
TIME 3	การทดสอบหลังการทดลองครั้งที่ 2
TIME 4	การทดสอบติดตามผลครั้งที่ 1
TIME 5	การทดสอบติดตามผลครั้งที่ 2

การวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีเป้าหมายเพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลสมติฐานทางทฤษฎี ว่ามีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์หรือไม่

ผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างการทดสอบแต่ละครั้ง พบว่า ค่าสหสัมพันธ์ของคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์จากการทดสอบครั้งที่ 1 – 5 มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ทุกคู่ ซึ่งตัวแปรคะแนนจากการทดสอบติดตามผลครั้งที่ 1 กับคะแนนการทดสอบติดตามผลครั้งที่ 2 มี มีค่าสหสัมพันธ์ (r) สูงที่สุด เท่ากับ 0.952 ดังที่แสดงในตาราง 16

ตาราง 16 แสดงค่าสหสัมพันธ์ของตัวแปรคะแนนความสามารถการให้เหตุผลเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในการทดสอบแต่ละครั้ง 5

คะแนน	TIME 1	TIME 2	TIME 3	TIME 4	TIME 5
TIME 1	1.000				
TIME 2	0.659*	1.000			
TIME 3	0.434*	0.683*	1.000		
TIME 4	0.427*	0.649*	0.952*	1.000	
TIME 5	0.406*	0.615*	0.894*	0.928*	1.000

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผู้วิจัยได้ดำเนินการตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนของโมเดลสมมติฐานกับข้อมูลเชิงประจักษ์ พบว่าโมเดลสมมติฐานมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ พิจารณาได้จากค่าไคสแควร์ทดสอบความสอดคล้อง (Model Fit) (χ^2 = 8.311, df = 6, p = 0.216) มีความสัมพันธ์กันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อพิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้องเปรียบเทียบ (CFI) มีค่าเท่ากับ 0.998 ค่าดัชนีวัดระดับความสอดคล้องเปรียบเทียบของ Tucker และ Lewis (TLI) มีค่าเท่ากับ 0.996 แสดงว่าโมเดลสมมติฐานมีแนวโน้มสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ค่าดัชนีรากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อนในการประมาณ (RMSEA) มีค่าเท่ากับ 0.046 และค่าเฉลี่ยของเศษที่เหลือจากการเปรียบเทียบค่าความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมที่ได้จากตัวอย่างกับค่าที่ประมาณจากค่าพารามิเตอร์ (SRMR) เท่ากับ 0.075 แสดงว่า ค่าเฉลี่ยของเศษที่เหลือจากผลต่างของค่าความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วม

ที่ได้จากตัวอย่างกับค่าที่ประมาณ และค่าเฉลี่ยระหว่างข้อมูลเชิงประจักษ์กับโมเดลสมมติฐานมีเหลือน้อยมาก สรุปได้ว่าโมเดลสมมติฐานมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ดังที่แสดงในตาราง 17

ตาราง 17 แสดงค่าดัชนีความกลมกลืนและดัชนีเปรียบเทียบของโมเดล

ดัชนี	เกณฑ์	ค่าดัชนี
Chi-Square of Model Fit	ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ	0.216
RMSEA	น้อยกว่า .05	0.046
SRMR	น้อยกว่า .08	0.075
CFI	มากกว่า .90	0.998
TLI	มากกว่า .90	0.996

ค่าเฉลี่ยของคะแนนดั้งเดิมของความสามารถในการให้เหตุผลเชิงสร้างสรรค์ของผู้เรียนมีค่าเท่ากับ 2.292 มีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p < .001$) ค่าความแปรปรวนเท่ากับ 1.000 แสดงว่าค่าเฉลี่ยคะแนนดั้งเดิมของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีความแตกต่างกัน ในขณะที่ค่าเฉลี่ยของอัตราพัฒนาการมีค่าเท่ากับ 1.505 มีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p < .001$) แสดงว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนดั้งเดิม และค่าความแปรปรวนเท่ากับ 1.000 แสดงว่าค่าเฉลี่ยอัตราพัฒนาการของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีความแตกต่างกัน และ ความแปรปรวนร่วมระหว่างคะแนนดั้งเดิมกับอัตราพัฒนาการ มีค่าเท่ากับ 0.956 มีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งผลการวิเคราะห์มีค่าเป็นบวก แสดงว่า ผู้ที่มีคะแนนดั้งเดิมมาก จะมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของชัดเจนขึ้นเมื่อเวลาเปลี่ยนไป ดังแสดงในตาราง 18

ตาราง 18 แสดงค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของคะแนนดั้งเดิมและอัตราพัฒนาการ

พารามิเตอร์	ค่าประมาณ (คะแนนดิบ)	ค่าประมาณ (คะแนนมาตรฐาน)	S.E	Z - value	p - value
ค่าเฉลี่ยคะแนนดั้งเดิม	2.292	1.868	0.148	12.594*	<.001
ค่าเฉลี่ยของอัตราพัฒนาการ	4.993	4.805	0.315	15.229*	<.001
ความแปรปรวนของคะแนนดั้งเดิม	1.505	1.000	0.000	-	-
ความแปรปรวนของอัตราพัฒนาการ	1.080	1.000	0.000	-	-
ความแปรปรวนร่วมระหว่างคะแนนดั้งเดิมกับอัตราพัฒนาการ	0.956	0.750	0.080	6.119*	<.001

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เมื่อพิจารณาค่าน้ำหนักองค์ประกอบของคะแนนดั้งเดิมที่มีต่อการวัดแต่ละครั้ง พบว่าค่าประมาณอิทธิพลที่มีต่อการทดสอบแต่ละครั้ง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งมีค่าประมาณอิทธิพล เท่ากับ 0.278 (p <.001), 0.606 (p <.001), 0.683 (p <.001), 0.477 (p <.001) และ 0.229 (p <.001) ตามลำดับ แสดงว่าค่าประมาณอิทธิพลของตัวแปรคะแนนดั้งเดิมส่งผลต่อการทดสอบทั้ง 5 ครั้ง โดยมีอิทธิพลต่อการทดสอบติดตามผลครั้งที่ 2 มากที่สุด และ ค่าประมาณอิทธิพลของอัตราพัฒนาการที่มีต่อการทดสอบหลังการทดสอบหลังการทดลองครั้งที่ 5 ต่ำที่สุด ดังแสดงในตาราง 19

ตาราง 19 แสดงค่าประมาณอิทธิพลของคะแนนดั้งเดิมที่มีต่อคะแนนเฉลี่ยความสามารถทางการให้เหตุผลเชิงสร้างสรรค์ในการทดสอบครั้งที่ 1 - 5

อิทธิพลของคะแนนดั้งเดิม	b	β	S.E	Z - value	p - value
TIME 1	1.000	0.278	0.042	6.565*	<.001
TIME 2	2.297	0.606	0.032	19.099*	<.001
TIME 3	3.213	0.683	0.031	22.295*	<.001
TIME 4	2.130	0.477	0.034	13.874*	<.001
TIME 5	1.000	0.229	0.037	6.143*	<.001

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เมื่อพิจารณาค่าน้ำหนักองค์ประกอบของอัตราพัฒนาการที่มีต่อการทดสอบแต่ละครั้ง พบว่าค่าประมาณอิทธิพลที่มีต่อการทดสอบครั้งที่ 1 - 5 มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งมีค่าประมาณอิทธิพล เท่ากับ 0.235 (p <.001), 0.172 (p <.001), 0.360 (p <.001), 0.570

(p <.001) และ 0.776 (p <.001) ตามลำดับ แสดงว่า อัตราพัฒนาการมีอิทธิพลต่อการทดสอบทั้ง 5 ครั้ง ซึ่งสามารถคาดการณ์ได้ว่าการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งส่งผลต่อความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ โดยมีอิทธิพลต่อการทดสอบติดตามผลครั้งที่ 2 มากที่สุด และ ค่าประมาณอิทธิพลของอัตราพัฒนาการที่มีต่อการทดสอบหลังการทดสอบหลังการทดลองครั้งที่ 1 ต่ำที่สุด ดังแสดงในตาราง 20

ตาราง 20 แสดงค่าประมาณอิทธิพลของอัตราพัฒนาการที่มีต่อคะแนนเฉลี่ยความสามารถทางการให้เหตุผลเชิงสร้างสรรค์ในการทดสอบครั้งที่ 1 – 5

อิทธิพลของอัตราพัฒนาการ	b	β	S.E	Z - value	p - value
TIME 1	1.000	0.235	0.019	12.191*	.000
TIME 2	1.000	0.172	0.013	13.595*	.000
TIME 3	2.000	0.360	0.022	16.553*	<.001
TIME 4	3.000	0.570	0.029	19.860*	<.001
TIME 5	4.000	0.776	0.033	23.728*	<.001

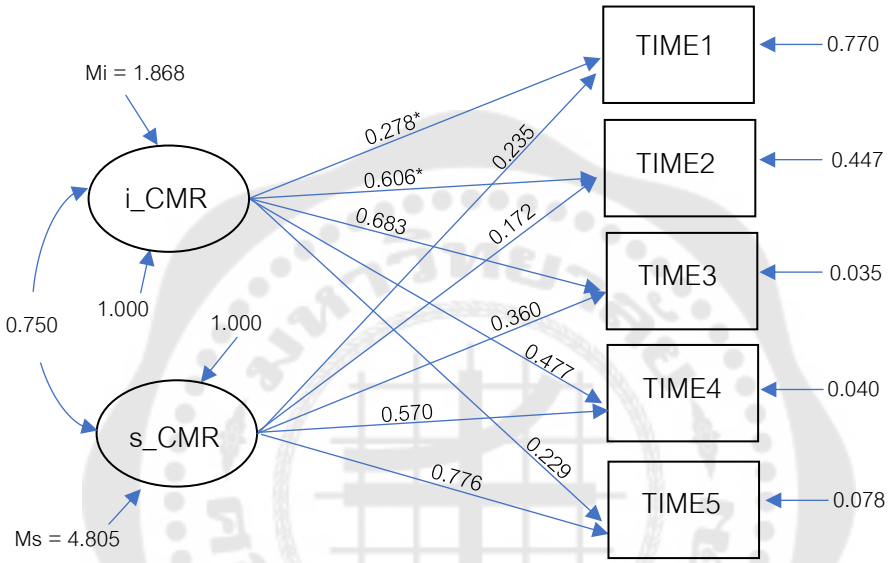
*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์คะแนนองค์ประกอบ (Factor score coefficient) พบว่า คะแนนองค์ประกอบของคะแนนดั้งเดิมของการวัดแต่ละครั้งมีค่าเท่ากับ -0.009, 0.022, 0.204, 0.043 และ -0.064 ตามลำดับ คะแนนองค์ประกอบของอัตราพัฒนาการของการวัดแต่ละครั้งมีค่าเท่ากับ 0.007, 0.011, -0.031, 0.100 และ 0.125 ตามลำดับ ดังแสดงในตาราง 21

ตาราง 21 แสดงคะแนนองค์ประกอบของคะแนนดั้งเดิมและอัตราพัฒนาการของคะแนนความสามารถทางการให้เหตุผลเชิงสร้างสรรค์ในการทดสอบครั้งที่ 1 – 5

ตัวแปรที่สังเกตได้	คะแนนดั้งเดิม	อัตราพัฒนาการ
TIME 1	- 0.009	0.007
TIME 2	0.022	0.011
TIME 3	0.204	-0.031
TIME 4	0.043	0.100
TIME 5	-0.064	0.125

โมเดลโค้งพัฒนาการความสามารถในการให้เหตุผลเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 พบว่าค่าความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบคะแนนดั้งเดิมกับองค์ประกอบอัตราพัฒนาการมีค่าเท่ากับ 0.750 ซึ่งมีความแตกต่างจากศูนย์ในทิศทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนที่มีค่าเฉลี่ยคะแนนตั้งต้นสูง มีแนวโน้มที่จะพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ได้ดีกว่านักเรียนที่มีค่าเฉลี่ยคะแนนตั้งต้นต่ำ ดังแสดงในภาพประกอบ 8



Chi-Square = 0.216, df = 6, p-value = 0.216, RMSEA = 0.046

ภาพประกอบ 8 โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 (แสดงในรูปค่ามาตรฐาน)

จากการวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง พบว่าทุกพารามิเตอร์ที่ประมาณค่าทุกตัวมีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทุกตัว เมื่อนำค่าคะแนนดิบ I = 2.292 และ S = 4.993 มาแทนค่าในสมการทำนายความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ได้ดังนี้

$$CMR(Y) = 2.292 + 4.993\ (t)$$

จากสมการ เมื่อนำค่าที่ได้ไปแทนในสมการ เพื่อทราบค่าความชันในแต่ละครั้ง ได้ดังนี้

เมื่อ TIME1; S = 1 $\quad CMR(Y1) = 2.292 + 4.993\ (1) = 7.285$

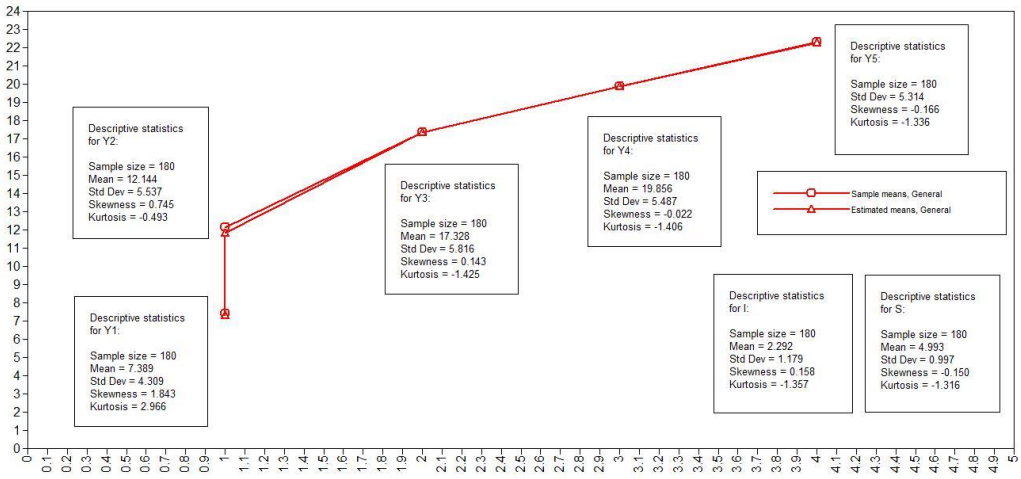
เมื่อ TIME2; S = 1 $\quad CMR(Y2) = 2.292 + 4.993\ (1) = 7.285$

เมื่อ TIME3; S = 2 $\quad CMR(Y3) = 2.292 + 4.993\ (2) = 12.278$

เมื่อ TIME4; S = 3 CMR(Y4) = 2.292 + 4.993 (3) = 17.271

เมื่อ TIME5; S = 4 CMR(Y5) = 2.292 + 4.993 (4) = 22.264

สมการข้างต้นสามารถอธิบายได้ ดังนี้ สมการที่ 1 แสดงว่า ในการทดสอบครั้งที่ 1 มีค่า Sloop เท่ากับ 1 และแทนค่า t = ค่า Slope ของการทดสอบครั้งนั้นๆ คือ 1 จะได้ค่าเท่ากับ 7.285 สมการที่ 2 แสดงว่า ในการทดสอบครั้งที่ 2 มีค่า Slope เท่ากับ 1 และแทนค่า t = ค่า Slope ของการทดสอบครั้งนั้นๆ คือ 2 จะได้ค่าเท่ากับ 7.285 สมการที่ 3 แสดงว่า ในการทดสอบครั้งที่ 3 มีค่า Slope เท่ากับ 2 และแทนค่า t = ค่า Slope เท่ากับ 2 จะได้ค่าเท่ากับ 12.278 ค่าที่ได้เหล่านี้ทำให้นักวิจัยสามารถสร้างพิจารณาวิถี หรือ เส้นพัฒนาการของความสามารถในการให้เหตุผลเชิงสร้างสรรค์ของผู้เรียนเมื่อได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวีการโต้แย้งได้ เช่น หากต้องการดูพัฒนาการของนักเรียนเมื่อทดสอบครั้งที่ 6 จะหาค่าได้ คือ CMR(Y6) = 2.292 + 4.993 (5) = 27.257 และสามารถนำค่าที่ได้สร้างเป็นกราฟอธิบายพัฒนาการของความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ได้ ดังภาพประกอบ 9



ภาพประกอบ 9 แผนภูมิพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

บทที่ 5
สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ของผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ก่อนเรียน ระหว่างเรียน หลังเรียน เมื่อผ่านไป 2 สัปดาห์ และ 4 สัปดาห์ และ เพื่อศึกษาอิทธิพลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งที่มีต่อคะแนนดั้งเดิม และอัตราพัฒนาการของความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์

วิธีดำเนินการวิจัย มีสาระสำคัญ 4 หัวข้อ คือ 1) ตัวแปรในงานวิจัย ตัวแปรอิสระ คือ การจัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ตัวแปรตาม คือ ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ 2) ประชากรที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้เป็นผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายประถม) ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 8 ห้องเรียน รวมจำนวนผู้เรียน 240 คน ซึ่งโรงเรียนจัดห้องเรียนแบบคละความสามารถ ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายประถม) ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 6 ห้องเรียน หรือ 180 คน ตัวอย่างได้มาจากการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (cluster random sampling) โดยมีห้องเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม 3) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง และแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ ขอบเขตเนื้อหาที่ใช้ในการพัฒนาเครื่องมือการวิจัยเป็นเนื้อหากลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ รายวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 การตรวจสอบคุณภาพของแผนการสอนโดยใช้การตรวจสอบคุณภาพในด้านความเหมาะสมของความสอดคล้องขององค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ กระบวนการจัดการเรียนรู้ สื่อและแหล่งการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผล ผลการประเมิน พบว่า ระดับความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้งเพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ของมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุดทุกด้าน การตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ โดยใช้การตรวจสอบคุณภาพค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับนิยามเชิงปฏิบัติการ (Item objective Congruence: IOC) คัดเลือกข้อคำถามที่มีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.5 – 1.00 ค่าความยากง่าย (Item Difficulty) คัดเลือกข้อคำถามที่มีค่ามากกว่า 0.20 ขึ้นไป ค่าอำนาจจำแนก (Discrimmination: r) คัดเลือกข้อคำถามที่มีค่ามากกว่า 0.20 ขึ้นไป และพิจารณาค่าความเชื่อมั่น

(Reliability) ไม่ต่ำกว่า 0.50 4) สถิติที่ใช่ในการวิเคราะห์ข้อมูลครั้งนี้ ได้แก่ การวิเคราะห์สถิติเบื้องต้น คือ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความเบ้ ความโด่ง การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ การวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงโดยใช้ โปรแกรมสถิติ Mplus

สรุปผลการวิจัย

สรุปผลการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ตอนตามความมุ่งหมายของการวิจัย ประกอบด้วย ตอนที่ 1 ผลการศึกษาความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ของผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ก่อนเรียน ระหว่างเรียน หลังเรียน เมื่อผ่านไป 2 สัปดาห์ และ 4 สัปดาห์ ตอนที่ 2 ผลการศึกษาอิทธิพลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งที่มีต่อคะแนนดั้งเดิม และอัตราพัฒนาการของความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์

1. ผลการศึกษาความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ของผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ก่อนเรียน ระหว่างเรียน หลังเรียน เมื่อผ่านไป 2 สัปดาห์ และ 4 สัปดาห์

ผลการศึกษาความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ของผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ก่อนเรียน ระหว่างเรียน หลังเรียน เมื่อผ่านไป 2 สัปดาห์ และ 4 สัปดาห์ พบว่า

1) การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งทำให้คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์จากการทดสอบแต่ละครั้งแตกต่างกัน ($F = 705.502$, $p < .001$) โดยครั้งที่มีคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุด คือ การทดสอบติดตามผล ครั้งที่ 2 นักเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 22.283 คะแนน ส่วนครั้งที่มีคะแนนเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ การทดสอบก่อนการทดลอง นักเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.389 คะแนน จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน

2) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งมีความคงทนของคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ จากการทดสอบก่อนการทดลอง หลังการทดลองครั้งที่ 1 หลังการทดลองครั้งที่ 2 การติดตามผลครั้งที่ 1 และการติดตามผลครั้งที่ 2 ทุกคู่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = 0.000$)

2. ผลการศึกษาอิทธิพลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งที่มีต่อคะแนนดั้งเดิม และอัตราพัฒนาการของความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์

ผลศึกษาอิทธิพลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งที่มีต่อคะแนนดั้งเดิม และอัตราพัฒนาการของความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ โดยใช้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง พบว่า

1) การตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลสมมติฐานกับข้อมูลเชิงประจักษ์ พบว่า โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งที่มีต่อคะแนนดั้งเดิม และอัตราพัฒนาการของความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์มีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ (χ^2 = 8.311, df = 6, p = 0.216, CFI = 0.998, TLI = 0.996, RMSEA = 0.046 SRMR = 0.075)

2) ค่าความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบคะแนนดั้งเดิมกับองค์ประกอบอัตราพัฒนาการมีค่าเท่ากับ 0.750 ซึ่งมีความแตกต่างจากศูนย์ในทิศทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (p <.001) ค่าน้ำหนักองค์ประกอบของคะแนนดั้งเดิมที่มีต่อการวัดแต่ละครั้ง พบว่า ค่าประมาณอิทธิพลที่มีต่อการทดสอบแต่ละครั้ง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งมีค่าประมาณอิทธิพล เท่ากับ 0.278 (p <.001), 0.606 (p <.001), 0.683 (p <.001), 0.477 (p <.001) และ 0.229 (p <.001) ตามลำดับ ค่าน้ำหนักองค์ประกอบของอัตราพัฒนาการที่มีต่อการทดสอบแต่ละครั้ง พบว่าค่าประมาณอิทธิพลที่มีต่อการทดสอบครั้งที่ 1 - 5 มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งมีค่าประมาณอิทธิพล เท่ากับ 0.235 (p <.001), 0.172 (p <.001), 0.360 (p <.001), 0.570 (p <.001) และ 0.776 (p <.001) ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์หมายความว่า อัตราพัฒนาการมีอิทธิพลต่อการทดสอบทั้ง 5 ครั้ง ซึ่งสามารถคาดการณ์ได้ว่าการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้งแย้งส่งผลต่อความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์

อภิปรายผล

จากข้อค้นพบในการศึกษาครั้งนี้ มีประเด็นสำคัญที่สามารถอภิปรายแยกตามความมุ่งหมายของการวิจัยได้ 2 ประเด็น ดังนี้

1. ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ของผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ก่อนเรียน ระหว่างเรียน หลังเรียน เมื่อผ่านไป 2 สัปดาห์ และ 4 สัปดาห์

จากสรุปผลการวิจัย พบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนจากการทดสอบก่อนการทดลอง หลังการทดลองครั้งที่ 1 หลังการทดลองครั้งที่ 2 การติดตามผลครั้งที่ 1 และการติดตามผลครั้งที่ 2 พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงสร้างสรรค์จากการทดสอบแต่ละครั้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยที่ตั้งไว้ว่า ผลการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ของผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียนมีความแตกต่างกัน สามารถสรุปได้ว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงสร้างสรรค์สูงขึ้น และทำให้นักเรียนมีความคงทนในการเรียนรู้ด้วย เนื่องด้วยกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง มุ่งเน้นให้ผู้เรียนเรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติและเรียนรู้ผ่านการปฏิสัมพันธ์ทางสังคมเมื่อผู้เรียนเป็นผู้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองแล้วจะเป็นการเรียนรู้ที่มีความหมาย สอดคล้องกับ Piaget (2008)ที่กล่าวว่า คนทุกคนจะมีการพัฒนาความคิดเป็นลำดับขั้นตอน จากการปฏิสัมพันธ์และประสบการณ์กับสิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติ และประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการคิดเชิงตรรกะและคณิตศาสตร์ รวมทั้งการถ่ายทอดองค์ความรู้ทางสังคม วุฒิภาวะ และกระบวนการพัฒนาความสมดุลของบุคคลนั้นๆ และยังสอดคล้องกับ Jonassen (1991) ที่กล่าวว่าการสร้างความรู้จะให้ความสำคัญกับกระบวนการและวิธีการของบุคคลในการส้รางความรู้ความเข้าใจจากประสบการณ์ ซึ่งผู้เรียนจะต้องจัดกระทำกับข้อมูล ไม่ใช่แค่รับข้อมูลเท่านั้นจึงจะเกิดความรู้ขึ้น

เมื่อพิจารณาผลการเปรียบเทียบรายคู่ของคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์จากการทดสอบแต่ละครั้ง พบว่าความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยในการทดสอบก่อนการทดลองกับการทดสอบหลังการทดลองครั้งที่ 1 และความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยในการทดสอบหลังการทดลองครั้งที่ 1 กับการทดสอบหลังการทดลองครั้งที่ 2 มีค่าความต่างของคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยในการทดสอบการทดสอบหลังการทดลอง

ครั้งที่ 2 กับการทดสอบติดตามผลครั้งที่ 1 และความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยในการการทดสอบติดตามผลครั้งที่ 1 กับการทดสอบติดตามผลครั้งที่ 2 สาเหตุอาจจะเกิดจากในการทดสอบการทดสอบหลังการทดลองครั้งที่ 1 และ การทดสอบหลังการทดลองครั้งที่ 2 นักเรียนยังอยู่ในกระบวนการของการจัดการเรียนการสอนที่ผู้สอนยังมีการกำกับดูแลนักเรียนให้ฝึกฝนและปฏิบัติกิจกรรมอย่างสม่ำเสมอทำให้นักเรียนมีการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับ Walker และคนอื่น ๆ (2011) กล่าวว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งถูกออกแบบมาเพื่อให้ผู้เรียนมีโอกาสพัฒนาวิธีการของตัวเองในการสร้างข้อมูลทำการสอบสวนใช้ข้อมูลเพื่อตอบคำถาม เขียนและไตร่ตรองมากขึ้นเมื่อพวกเขาทำงาน และยังให้โอกาสผู้เรียนมีส่วนร่วมในการโต้แย้งและการทบทวนโดยเพื่อน ผู้เรียนจึงสามารถเริ่มพัฒนาทักษะการใช้เหตุผลหรือนิสัยของจิตใจและความเข้าใจในเนื้อหาทางคณิตศาสตร์และการปฏิบัติที่จำเป็นต้องประสบความสำเร็จในหลักสูตรคณิตศาสตร์ขั้นสูงหรือเพื่อตัดสินใจอย่างชาญฉลาดเกี่ยวกับปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่มีอิทธิพลต่อชีวิตของพวกเขา อีกทั้งจากการตรวจแบบวัดพบว่าในการทดสอบการทดสอบติดตามผลครั้งที่ 2 และ การทดสอบติดตามผลครั้งที่ 1 นักเรียนที่อยู่ในกลุ่มสูง มีคะแนนในการทดสอบสูง เช่น ได้ 27 คะแนน จากคะแนน 30 คะแนน ทำให้สัดส่วนของคะแนนที่เพิ่มขึ้นมีค่าน้อยลง และจากผลการวิจัยยังพบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบการทดสอบติดตามผลครั้งที่ 1 และ การทดสอบติดตามผลครั้งที่ 2 ถึงแม้ว่านักเรียนจะไม่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้งแล้ว อาจจะเกิดจากการที่นักเรียนได้ฝึกปฏิบัติตรวจสอบความผิดพลาดหรือข้อด้วยของตนเองทำให้เมื่อทำแบบทดสอบข้อใดไม่ได้ทำให้นักเรียนเรียนรู้จากข้อผิดพลาดของตนและนำมาปรับปรุงแก้ไขจึงส่งผลให้มีคะแนนจากการทดสอบสูงขึ้น

2. อิทธิพลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งที่มีต่อคะแนนดั้งเดิม และอัตราพัฒนาการของความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์

จากสรุปผลการวิจัย พบว่า ศึกษาผลการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ของผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และผลการศึกษาอิทธิพลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งที่มีต่อคะแนนดั้งเดิม และอัตราพัฒนาการของความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ โดยใช้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง พบว่า ค่าความสัมพันธ์

ระหว่างองค์ประกอบคะแนนดั้งเดิมกับองค์ประกอบอัตราพัฒนาการมีค่าเท่ากับ 0.750 ซึ่งมีความแตกต่างจากศูนย์ในทิศทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนที่มีค่าเฉลี่ยคะแนนตั้งต้นสูง มีแนวโน้มที่จะพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ได้ดีกว่านักเรียนที่มีค่าเฉลี่ยคะแนนตั้งต้นต่ำ และจากโมเดลยังแสดงว่าค่าเฉลี่ยอัตราพัฒนาการของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จากการทดสอบแต่ละครั้งมีความแตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งส่งผลต่อความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เนื่องด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้แก้ปัญหาและแสดงความคิดเห็นต่อกระบวนการแก้ปัญหาที่ผู้สอนกำหนดให้ รู้จักการให้เหตุผลเชิงสร้างสรรค์จากการลงมือปฏิบัติและแก้ไขปัญหาด้วยตนเอง ซึ่งสอดคล้องกับ (Walker และคนอื่น ๆ, 2011) ที่อธิบายว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้งแย้ง ได้สร้างโอกาสให้ผู้เรียนพัฒนาวิธีการของตัวเองในการสร้างข้อมูลทำการสอบสวนใช้ข้อมูลเพื่อตอบคำถาม เขียนและไตร่ตรองมากขึ้นเมื่อพวกเขาทำงาน และยังให้โอกาสผู้เรียนมีส่วนร่วมในการโต้แย้งและการทบทวนโดยเพื่อน ผู้เรียนจึงสามารถเริ่มพัฒนาทักษะการใช้เหตุผล ความเข้าใจในเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ และส่งผลต่อการตัดสินใจอย่างชาญฉลาดที่เกี่ยวกับปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่มีในชีวิตประจำวันได้ นอกจากนี้ผลการวิจัยยังสอดคล้องกับ Hidayat, Wahyudin และ คณะ (2018) ที่อธิบายว่า ความสัมพันธ์ของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง มีอิทธิพลเชิงบวกต่อของความสามารถในการให้เหตุผลเชิงสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เนื่องจากมี 4 ด้านที่สำคัญที่สามารถปรับปรุงความสามารถในการให้เหตุผลเชิงสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้ คือ 1) การสร้างความสามารถในการโต้แย้ง เพื่อสนับสนุนคำอธิบายทางคณิตศาสตร์ 2) ความสามารถในการใช้คำอธิบายทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา 3) การเข้าร่วมในกระบวนการอภิปราย 4) การเขียนข้อสรุปตามความคิดเห็นของตนเองและข้อมูลจากความคิดเห็นของผู้อื่น และเมื่อศึกษากระบวนการเรียนรู้ของนักเรียนในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้แต่ละขั้นพบว่า

ขั้นที่ 1 ระบุและแนะนำปัญหา (Identify the Task and the Guiding Question) ขั้นตอนนี้เนื่องจากเป็นการจัดการเรียนการสอนแบบออนไลน์ครูจึงมีการสอนโดยใช้สื่อดิจิตัลประกอบการเรียนรู้ แต่จะมีกิจกรรมง่ายๆให้นักเรียนลงมือปฏิบัติเพื่อเรียนรู้มโนทัศน์ในเรื่องนั้นๆ นักเรียนจะมีหน้าที่บันทึกสิ่งที่ได้เรียนรู้ และซักถามข้อสงสัยที่พวกเขาพบในสถานการณ์ปัญหาที่ครูกำหนดให้ ในหน่วยการจัดการเรียนรู้ที่ 1 นักเรียนยังคงมีวิธีการเรียนรู้แบบเดิมคือไม่ถาม ไม่

ตอบทำตามกิจกรรมของครูเท่านั้น รวมถึงไม่มีการตั้งข้อสังเกตสำหรับสถานการณ์ปัญหาที่ครูกำหนดให้ ครูจึงต้องมีการกระตุ้นโดยใช้ข้อคำถาม จึงทำให้ในหน่วยการเรียนรู้ต่อๆไปนักเรียนสามารถตั้งข้อสังเกตและถามในข้อที่สงสัยมากขึ้น

ขั้นที่ 2 ออกแบบกระบวนการและรวบรวมข้อมูล (Design a Method and Collect Data) ในการออกแบบกระบวนการในหน่วยการจัดการเรียนรู้ที่ 1 นักเรียนยังไม่สามารถเขียนอธิบายกระบวนการของตนเองได้ มักเขียนในรูปแบบของการแสดงวิธีทำ แต่ไม่ใช่การแสดงวิธีคิด คือเขียนแต่ตัวเลขไม่มีคำอธิบาย ครูจึงให้นักเรียนลองเขียนคำอธิบายประกอบเพิ่มขึ้น จึงทำให้ในหน่วยการเรียนรู้ต่อ ๆ ไปนักเรียนสามารถเขียนอธิบายประกอบการแสดงวิธีคิดได้ดีขึ้น

ขั้นที่ 3 สร้างข้อโต้แย้งเบื้องต้น (Develop an Initial Argument) เป็นขั้นต่อเนื่องจากขั้นที่ 2 ในหน่วยการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เนื่องจากนักเรียนเขียนอธิบายในการแสดงวิธีคิดไม่ได้จึงส่งผลให้เป็นปัญหาในขั้นตอนนี้เช่นกัน นักเรียนขาดการอ้างเหตุผลมาสนับสนุนวิธีการที่ตนเองเลือกใช้ เมื่อสอนในครั้งแรกนักเรียนจึงไม่สามารถสร้างข้อโต้แย้งเบื้องต้นที่มีประสิทธิภาพได้ ครูจึงใช้การยกตัวอย่างวิธีการเขียนอธิบายจากโจทย์ปัญหาอื่นๆให้นักเรียนฟังก่อนในครั้งแรก จึงทำให้ในหน่วยการเรียนรู้ต่อ ๆ ไปนักเรียนสามารถเขียนอธิบายวิธีคิดได้ดีขึ้น มีการอ้างเหตุผลประกอบวิธีคิดและกระบวนการของตัวเองได้

ขั้นที่ 4 อภิปรายข้อโต้แย้งเบื้องต้น (Argumentation Session) ในหน่วยการจัดการเรียนรู้ที่ 1 นักเรียนยังไม่กล้าที่จะอภิปรายให้เพื่อนฟัง เนื่องจากนักเรียนกลุ่มคนไม่สามารถแก้ไขสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ได้ และบางส่วนไม่สามารถเขียนอธิบายและให้เหตุผลประกอบกระบวนการได้ ครูจึงใช้การสุ่มเลือกกลุ่มที่จะนำเสนอก่อน ครั้งแรกนักเรียนยังใช้การอภิปรายโดยการพูดบรรยายเป็นส่วนใหญ่ มีกระบวนการในการแก้ปัญหาและให้เหตุผลซ้ำๆกัน และไม่ค่อยมีการตั้งข้อสังเกตและประเด็นคำถามมากนัก มีเพียงนักเรียนไม่กี่คนที่ตั้งข้อสงสัยกับเพื่อน ครูจึงใช้วิธีการตั้งถามนำให้ก่อน เมื่อจัดการเรียนรู้ในแผนต่อ ๆ ไป นักเรียนจึงเริ่มนำอภิปรายข้อโต้งแย้งอย่างเป็นนามธรรม เป็นตัวของตัวเองและมีกระบวนการแก้ปัญหาที่แตกต่างกันมากขึ้น รวมถึงมีการตั้งข้อสังเกตและประเด็นคำถามจากนักเรียนบางคนที่ตั้งคำถาม เป็นนักเรียนส่วนใหญ่มีประเด็นในการซักถามเพื่อน ในขั้นนี้ยังพบว่านอกจากการตั้งคำถามกับเพื่อนแล้วนักเรียนยังรู้จักการให้กำลังใจแก่เพื่อนที่ไม่สามารถแก้ไขสถานการณ์นั้น ๆ ได้ โดยการช่วยกันเสนอแนะข้อที่ เพื่อควรปรับปรุงในขั้นตอนนี้ด้วย

ขั้นที่ 5 สรุปและสะท้อนผลการโต้แย้ง (Explicit and Reflective Discussion) ขั้นตอนนี้ครูจะเป็นผู้นำในการปฏิบัติกิจกรรมซึ่งพบว่านักเรียนสามารถสรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้จากการแก้ไขสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ได้ดี และส่วนใหญ่จะทราบข้อด้วยของตนเองและสามารถนำไปเขียนรายงานผลของตนเองได้

ขั้นที่ 6 เขียนรายงานผลการโต้แย้ง (Write an Investigation Report) ขั้นตอนนี้ในหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ครูจะอธิบายวิธีการการเขียนและองค์ประกอบของรายงานให้กับนักเรียนก่อนการเขียนรายงานในครั้งแรกนักเรียนส่วนใหญ่ทราบข้อด้อยของตนเองแต่ยังไม่สามารถเขียนออกมาในรูปแบบของตนเองได้ ขั้นที่ 7 จึงมีส่วนช่วยให้นักเรียนสามารถเขียนรายงานได้ดีขึ้น ซึ่งจะปรากฏในรายงานผลการโต้แย้งของหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 - 3

ขั้นที่ 7 ตรวจสอบโดยเพื่อน (Double-Blind Group Peer Review) ขั้นตอนนี้ในหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ครูต้องชี้แจงวิธีการประเมินรายงานของเพื่อนให้นักเรียนเข้าใจก่อน และเน้นย้ำให้นักเรียนประเมินเพื่อนด้วยความเป็นกลาง ครั้งแรกนักเรียนบางคนยังไม่สามารถมองข้อผิดพลาดของเพื่อนได้จึงประเมินเพื่อนเพียงอย่างเดียว ไม่ได้เขียนข้อเสนอแนะ ทำให้เจ้าของรายงานไม่สามารถปรับปรุงได้อย่างสมบูรณ์ แต่เมื่อทำกิจกรรมในหน่วยการเรียนรู้ต่อๆไปแล้วนักเรียนจึงสามารถเขียนข้อเสนอแนะให้เพื่อนได้ดีขึ้น

ขั้นที่ 8 ปรับปรุงรายงานฉบับสมบูรณ์ (Revise and Submit the Report) เมื่อนักเรียนได้รับพัฒนาการประเมินเพื่อนและการเขียนข้อเสนอแนะแล้ว จึงทำให้นักเรียนที่เป็นเจ้าของรายงานสามารถปรับปรุงแก้ไขข้อผิดพลาดของตนเองได้สมบูรณ์และมีประสิทธิภาพ ขั้นตอนนี้ถือว่าเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจเนื้อหาในวิชาคณิตศาสตร์ที่เรียนไปได้เนื่องจากเป็นการสรุปและปรับปรุงจากรายงานของตนเองที่มีข้อด้อย และสามารถนำจุดเด่นไปพัฒนาตนเองในหน่วยการเรียนรู้ต่อๆไปได้

จากประเด็นการอภิปรายผลทั้ง 2 ข้อข้างต้นพบว่าผลการวิจัยที่ใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (One - way Repeated Measures ANOVA) และ การวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง มีผลการวิจัยสอดคล้องไปในทิศทางเดียวกัน แต่หากให้สารสนเทศจากการวิเคราะห์ที่แตกต่างกัน คือ การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (One - way Repeated Measures ANOVA) ทำให้ทราบความแตกต่างของของค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลแบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งว่ามีแต่ละครั้งมีความแตกต่างกันหรือไม่ และแตกต่างกันอย่างไร ส่วน การวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงพัฒนาการของผู้เรียนเมื่อเวลาผ่านไปว่าผู้เรียนมีพัฒนาการอยู่ในระดับใด และมีอัตราการ

เปลี่ยนแปลงของพัฒนาการเป็นอย่างไร โดยสามารถคำนวณได้จากสมการทำนายที่ได้จากการวิเคราะห์ ทำให้สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงในระยะยาวได้อย่างมีประสิทธิภาพ

นอกจากนั้นผู้วิจัยได้ค้นพบปัจจัยที่ส่งผลให้งานวิจัยครั้งนี้เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย ดังนี้

1) การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งจะส่งผลดีก็ต่อเมื่อครูผู้จัดการเรียนรู้มีความเข้าใจในกระบวนการของรูปแบบการจัดการเรียนรู้นี้ อีกทั้งครูยังทำความเข้าใจกับตัวเองว่าการแก้ปัญหาหรือสถานการณ์ที่ใช้คณิตศาสตร์ไม่จำเป็นต้องมีคำตอบที่ถูกต้องที่สุด หากแต่ควรพิจารณาจากวิธีการ กระบวนการ รวมถึงเหตุผลของนักเรียนที่นำมาประกอบกระบวนการแก้ปัญหา และครูให้โอกาสผู้เรียนในการลงมือทำทุกอย่างด้วยตนเองเพื่อให้นักเรียนสามารถเรียนรู้จากข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นมาพัฒนาตนเอง จึงทำให้สามารถจัดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2) การทดลองในครั้งนี้ ตัวอย่างที่ใช้เป็นนักเรียนโรงเรียนสาธิต มศว ประสานมิตร (ฝ่ายประถม) ที่มีพื้นฐานความพร้อมในการเรียนรู้ กล้าคิด กล้าสร้างสรรค์ และกล้าแสดงออก นักเรียนให้ความร่วมมือในการปฏิบัติกิจกรรม จึงสามารถทำให้การจัดการเรียนรู้แต่ละขั้นเป็นไปตรงตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่กำหนดไว้

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้

จากผลการวิจัยที่พบว่า มีข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ สำหรับผู้ที่สอนวิชาคณิตศาสตร์และวิชาอื่นๆ สามารถนำการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาทักษะของนักเรียน คือ

1.1. ในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ครูผู้สอนควรศึกษากระบวนการของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ให้เข้าใจ เพื่อให้การออกแบบกิจกรรมและการดำเนินกิจกรรมเป็นไปได้อย่างราบรื่น

1.2. ครูต้องความเข้าใจกับตัวเองว่าการแก้ปัญหาหรือสถานการณ์ที่ใช้คณิตศาสตร์ไม่จำเป็นต้องมีคำตอบที่ถูกต้องที่สุด หากแต่ควรพิจรณาจากวิธีการ กระบวนการ รวมถึงเหตุผลของนักเรียนที่นำมาประกอบกระบวนการแก้ปัญหา และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติและคิดด้วยตนเองโดยครูเป็นผู้สนับสนุนและเติมเต็มส่วนที่ขาดในกระบวนการ

1.3. ผลการวิจัยในครั้งนี้เกิดขึ้นในบริบทของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (ฝ่ายประถม) ซึ่งนักเรียนมีความกล้าแสดงออก กล้าคิด และกล้าสร้างสรรค์ ดังนั้นก่อนนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งไปใช้ ครูควรเตรียมความพร้อมของนักเรียนให้กล้าคิดนอกกรอบจากบริบทเดิม ๆ ของนักเรียนก่อน จึงจะทำให้สามารถนำรูปแบบนี้ไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

2.1. การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณที่มุ่งเน้นผลของการวิจัยในทางสถิติวิเคราะห์ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษากระบวนการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนในเชิงคุณภาพ ให้ได้ข้อมูลเชิงลึกเพื่อใช้ในการพัฒนากระบวนการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนต่อไป

บรรณานุกรม

Anderson, L. W. (2014). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing : a revision of Bloom's* (Pearson new international edition..): Harlow : Pearson.

Bergqvist, E. (2006). *Mathematics and Mathematics Education Two Sides of the Same Coin Some Results on Positive Currents Related to Polynomial Convexity and Creative Reasoning in University Exams in Mathematics*.

Bloom, B. S. (1956). *Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals,* 1*st ed* Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals, 1st ed. Harlow, Essex, England: Longman Group.

Bostock, J., และ Wood, J. (2012). *Teaching* 14-19: *A Handbook: A Handbook*: McGraw-Hill Education.

Buch, N. J., และ Wolff, T. F. (2000). Classroom Teaching through Inquiry. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice,* 126(3).

Creswell, J. W. (2018). *Research design : qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5th ed..): Thousand Oaks, California : SAGE Publications, Inc.

Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Scott, P., และ Mortimer, E. (1994). Constructing Scientific Knowledge in the Classroom. *Educational Researcher,* 23(7), 5-12.

Duncan, T. E. (1999). *An introduction to latent variable growth curve modeling : concepts, issues, and applications*: Mahwah, N.J. : L. Erlbaum Associates.

Duschl, R. A. E., Schweingruber, H. A. E., และ Shouse, A. W. E. (2007). *Taking Science to School: Learning and Teaching Science in Grades K*-8: National Academies Press.

Ellis, E. (2011). Anthropogenic transformation of the terrestrial biosphere. *Philosophical transactions. Series A, Mathematical, physical, and engineering sciences,* 369, 1010-1035.

Granberg, C., และ Olsson, J. (2015). ICT-supported problem solving and collaborative creative reasoning: Exploring linear functions using dynamic mathematics software. *The Journal of Mathematical Behavior,* 37.

Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., Anderson, R. E., และ Tatham, R. (2006). Multivariate data analysis . Uppersaddle River. In: NJ: Pearson Prentice Hall.

Haylock, D. (1997). Recognising mathematical creativity in schoolchildren. *ZDM,* 29(3), 68-74.

Henningsen, M., และ Stein, M. K. (1997). Mathematical Tasks and Student Cognition: Classroom-Based Factors That Support and Inhibit High-Level Mathematical Thinking and Reasoning. *Journal for Research in Mathematics Education,* 28(5), 524-549.

Hidayat, W., Wahyudin, และ Prabawanto, S. (2018). Improving students' creative mathematical reasoning ability students through adversity quotient and argument driven inquiry learning. *Journal of Physics: Conference Series,* 948, 012005.

Hox, J., Stoel, R. D., และ Wittenboer, G. L. H. (2003). Analyzing longitudinal data using multilevel regression and latent growth curve analysis. *Metodologia de las Ciencias del Comportamiento,* 5.

Johansson, H. (2017). Dependence between creative and non-creative mathematical reasoning in national physics tests. *Nordisk Matematikkdidaktikk,* 22(2), 93-119.

Jonassen, D. H. (1991). Evaluating Constructivistic Learning. *Educational Technology,* 31(9), 28-33.

Jonsson, B., Kulaksiz, Y. C., และ Lithner, J. (2016). Creative and algorithmic mathematical reasoning: effects of transfer-appropriate processing and effortful struggle. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology,* 47(8), 1206-1225.

Jonsson, B., Norqvist, M., Liljekvist, Y., และ Lithner, J. (2014). Learning mathematics through algorithmic and creative reasoning. *The Journal of Mathematical Behavior,* 36, 20-32.

Krathwohl, D. R. (2002). A Revision of Bloom's Taxonomy: An Overview. *Theory Into Practice,* 41(4), 212-218.

Lawson, A. (2009). Basic inferences of scientific reasoning, argumentation, and discovery. *Science Education,* 94, 336-364.

Lee, M., และ Wimmers, P. F. (2017). *Problem-Based Learning (PBL) Evaluation Form*.

Li, F., และ Acock, A. C. (1999). *Latent Curve Analysis: A Manual for Research Data Analysts* 1.

Lin, C.-Y., และ Chen, C.-H. (2015). Early Childhood Family Learning Environment's Influence on Adolescent Learning Achievement in Taiwan. *Australasian Journal of Early Childhood,* 40, 20 - 29.

Lithner, J. (2006). A framework for analysing creative and imitative mathematical reasoning.

Lithner, J. (2008). A research framework for creative and imitative reasoning. *Educational Studies in Mathematics,* 67(3), 255-276.

Maher, C., และ Martino, A. (1996). The Development of the Idea of Mathematical Proof: A 5-Year Case Study. *Journal for Research in Mathematics Education,* 27, 194.

McArdle, J. J. (1998). Modeling longitudinal data by Latent Growth Curve methods *Modern methods for business research.* (359-406). Mahwah, NJ, US: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.

McArdle, J. J., และ Hamagami, F. (1992). Modeling incomplete longitudinal and cross-sectional data using latent growth structural models. *Experimental Aging Research,* 18(3), 145-166.

Meredith, W., และ Tisak, J. (1990). Latent curve analysis. *Psychometrika,* 55(1), 107-122.

Mueller, M., Yankelewitz, D., และ Maher, C. (2014). Teachers Promoting Student Mathematical Reasoning. *Investigations in Mathematics Learning,* 7(2), 1-20.

Norqvist, M. (2018). The effect of explanations on mathematical reasoning tasks. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology,* 49, 15-30.

Olsson, J. (2017). GeoGebra, Enhancing Creative Mathematical Reasoning. In: Umeå: Umeå universitet.

Palm, T., Boesen, J., และ Lithner, J. (2005). The Requirements of Mathematical Reasoning in Upper secondary Level Assessments.

Piaget, J. (1966). The Psychology of Intelligence and Education. *Childhood Education,*

42(9), 528-528.

Piaget, J. (2003). Part I: Cognitive Development in Children--Piaget Development and Learning. *Journal of research in science teaching,* 40(S1).

Piaget, J. (2008). Intellectual Evolution from Adolescence to Adulthood. *Human Development,* 51, 40-47.

PISATHAILAND. (2020, 16 กรกฎาคม 2563). ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์. Retrieved form https://pisathailand.ipst.ac.th/about-pisa/mathematical-literacy/

Polya, G. (1954). *Mathematics and plausible reasoning*: Princeton, N.J. : Princeton University Press.

Rao, C. R. (1958). Some Statistical Methods for Comparison of Growth Curves. *Biometrics,* 14(1), 1-17.

Raykov, T. (1994). Studying Correlates and Predictors of Longitudinal Change Using Structural Equation Modeling. *Applied Psychological Measurement,* 18(1), 63-77.

Sahin, A., และ Kulm, G. (2008). Sixth grade mathematics teachers' intentions and use of probing, guiding, and factual questions. *Journal of Mathematics Teacher Education,* 11, 221-241.

Sampson, V. (2014). *Argument-driven inquiry in biology : lab investigations for grades* 9-12: Arlington, VA : National Science Teachers Association, [2014].

Sampson, V., Grooms, J., และ Walker, J. (2009). Argument-driven inquiry: A way to promote learning during laboratory activities. *TST,* 76, 42-47.

Shorser, L. (2010). Bloom's Taxonomy Interpreted for Mathematics. www.coun.uvic.ca/learning/exams/blooms-taxonomy.html

Silver, E. A. (1997). Fostering creativity through instruction rich in mathematical problem solving and problem posing. *ZDM,* 29(3), 75-80.

Simplypsychology. (2018). The Preoperational Stage of Cognitive Development. Retrieved form https://www.simplypsychology.org/preoperational.html

TED. (2010). Math Class needs a makeover. Retrieved from https://www.ted.com/talks/dan_meyer_math_class_needs_a_makeover#t-1990

The National Council of Teachers of Mathematics. (2018). 2018 NCTM Legislative Platform.

Tucker, L. R. (1955). DETERMINATION OF PARAMETERS OF A FUNCTIONAL RELATION BY FACTOR ANALYSIS *. *ETS Research Bulletin Series,* 1955(1), i-9.

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in Society Development of Higher Psychological Processes*: Harvard University Press.

Walker, J. P., Sampson, V., และ Zimmerman, C. O. (2011). Argument-Driven Inquiry: An Introduction to a New Instructional Model for Use in Undergraduate Chemistry Labs. *Journal of Chemical Education,* 88(8), 1048-1056.

Willett, J., และ Sayer, A. (1994). Using Covariance Structure Analysis to Detect Correlates and Predictors of Individual Change Over Time. *Psychological Bulletin,* 116, 363-381.

เกียรติยศ กุลเดชชัยชาญ. (2556). การพัฒนาโมเดลการวัดและเครื่องมือการวัดทักษะการคิดวิพากษ์แบบบูรณาการของนักเรียน. วารสารวิจัย มสด สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ ปีที่ 9, ฉบับที่ 2 (พ.ค.-ส.ค. 2556), หน้า 107-123.

กันต์ฤทัย คลังพหล. (2560). การวิจัยเพื่อพัฒนาความสามารถในการทำวิจัยในชั้นเรียนด้านการวิเคราะห์ข้อมูลของนักศึกษาฝึก ประสบการณ์วิชาชีพครู มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์. วารสารวิจัยทางการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 12(1).

จิรารัตน์ แสงศร, สุรีย์พร สว่างเมฆ, และ ปราณี นางงาม. (2017). การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ด้วยการจัดการเรียนรู้ที่ใช้รูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. 28(3).

ดวงจันทร์ วรคามิน. (2559). โครงการ “การศึกษาความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์และการมีจิตสาธารณะเพื่อพัฒนาศักยภาพการเป็นคนดีคนเก่งของนักเรียนไทย”. In ร. ปังปอนด์ และ ส. ยศวีร์ (Eds.): มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

ทิศนา แขมมณี. (2561). ศาสตร์การสอน : องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ (พิมพ์ครั้งที่ 22, [ฉบับพิมพ์ซ้ำ]..): กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธิติมา อุดมพรมนตรี. (2555). การศึกษาปัจจัยบางประการที่ส่งผลต่อความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จังหวัดลพบุรี สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 5. ปริญญานิพนธ์ (กศ.ม. (การวิจัยและสถิติทางการศึกษา)) --

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2555.
http://thesis.swu.ac.th/swuthesis/Ed_Re_Sta/Thitima_U.pdf

http://ils.swu.ac.th:8991/F?func=service&doc_library=SWU01&local_base=SWU01&doc_number=000352592&sequence=000001&line_number=0001&func_code=DB_RECORDS&service_type=MEDIA

ธีรยุทธ ภูเขา. (2550). การศึกษาประสิทธิภาพโมเดลสมการโครงสร้าง 3 รูปแบบในการศึกษาปัจจัยด้านเชาว์ปัญญาและเชาว์อารมณ์ที่ส่งผลต่ออัตราพัฒนาการวิชาคณิตศาสตร์. ปริญญานิพนธ์ (กศ.ด. (การทดสอบและวัดผลการศึกษา)) -- มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2550.
http://thesis.swu.ac.th/swudis/Test_Mea/Tirayut_P.pdf

บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์. (2545). รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์เรื่องการวัดประเมินการเรียนรู้: กรุงเทพฯ : คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

บุญชม ศรีสะอาด. (2556). การวิจัยเบื้องต้น (พิมพ์ครั้งที่ 9 (ฉบับปรับปรุงใหม่)..): กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.

พอหทัย พิพัฒนชัยภูมิ. (2562). การพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การสืบพันธุ์ของพืชดอกและการเจริญเติบโต โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีโต้แย้งเป็นฐานที่เน้นกิจกรรมปฏิบัติการ. วารสารพัฒนาการเรียนการสอน มหาวิทยาลัยรังสิต ปีที่ 13, ฉบับที่ 1 (ม.ค.-มิ.ย. 2562), หน้า 55-69.

ภัทราวรรณ ไชยมงคล. (2560). การพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง. วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้ ปีที่ 8, ฉบับที่ 1 (ม.ค.-มิ.ย. 2560), หน้า 27-40.

ภัสราภรณ์ พริกชูผล. (2561). การพัฒนาทักษะการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง เรื่อง น้ำและวัฏจักรของน้ำของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จังหวัดภูเก็ต
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี.

ยศวัฒน์ พาผล. (2560). การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างโค้งพัฒนาการของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. ปริญญานิพนธ์ (ปร.ด. (การวิจัยและพัฒนาศักยภาพมนุษย์)) -- มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2560.

http://thesis.swu.ac.th/swudis/Res_Hum/Yossawat_P.pdf

http://ils.swu.ac.th:8991/F?func=service&doc_library=SWU01&local_base=SWU01&doc_number=000416881&sequence=000001&line_number=0001&func_code=DB_RECORDS&service_type=MEDIA

รุจิพัชญ์ อรุวีวัฒนานนท์. (2553). ความสัมพันธ์ของพัฒนาการระหว่าง การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ และอัตมโนทัศน์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จังหวัดสกลนคร การประยุกต์ใช้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง. วารสารการวัดผลการศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ปีที่ 16, (ธ.ค. 2553), หน้า 204-213.

ละมัย แก้วสวรรค์. (2558). ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. ปริญญานิพนธ์ (กศ.ม. (การวิจัยและพัฒนาศักยภาพมนุษย์)) -- มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2558. http://thesis.swu.ac.th/swuthesis/Res_Hum/Lamai_K.pdf

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2556). ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม = *Classical test theory* (พิมพ์ครั้งที่ 7, [ฉบับปรับปรุงเพิ่มเติม].): กรุงเทพฯ : คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2011). รายงานผลการวิจัยโครงการ *TIMSS* 2011 วิชาคณิตศาสตร์. Retrieved form http://timssthailand.ipst.ac.th/timss/reports/timss2011-math-report

สมถวิล วิจิตรวรรณา. (2545). การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงโมเดลพหุระดับ และโมเดลกึ่งซิมเพลกซ์ ในการวัดการเปลี่ยนแปลงระยะยาวชนิดตัวแปรเดี่ยวและตัวแปรพหุ. วิธีวิทยาการวิจัย ปีที่ 15, ฉบับที่ 1 (ม.ค.-เม.ย. 2545), หน้า 38-59.

สิทธิกร เรืองศรี. (2560). การจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่เน้นสถานการณ์ปัญหาคณิตศาสตร์ในชีวิตจริง เรื่อง อนุพันธ์และการประยุกต์ของอนุพันธ์ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลและการเห็นคุณค่าในวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. วารสารวิทยาศาสตร์ มศว ปีที่ 33, ฉบับที่ 1 (มิ.ย. 2560), หน้า 231-247.

สุนทรพจน์ ดำรงค์พานิช. (2552). โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง. วารสารการวัดผลการศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ปีที่ 15, (พ.ย. 2552), หน้า 13-24.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

1. รองศาสตราจารย์ ดร.ชมนาด เชื้อสุวรรณทวี	อาจารย์ประจำ สาขาวิชาการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพดล กองศิลป์	ผู้อำนวยการโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายประถม)
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรทิพย์ ศิริภัทราชัย	อาจารย์ วิชาวิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายประถม)
4. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เรืองเดช ศิริกิจ	อาจารย์ประจำ สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
5. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดวงใจ สีเขียว	อาจารย์ประจำ สาขาวิชาการประถมศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
6. อาจารย์ ดร.มิ่ง เทพครเมือง	อาจารย์ วิชาคณิตศาสตร์ โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายประถม)
7. อาจารย์ ดร.ดลศักดิ์ ไทรเล็กทิม	อาจารย์ วิชาคณิตศาสตร์ โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายประถม)

8. อาจารย์ พนิตตา วงษ์พานิช	อาจารย์ วิชาคณิตศาสตร์ โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายประถม)

ภาคผนวก ข
ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ตัวอย่างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

แผนการจัดการเรียนรู้

รายวิชา คณิตศาสตร์ **ระดับชั้น ประถมศึกษาปีที่ 6** **ภาคเรียนที่ 1**

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 **เรื่อง** Everyday Mathematics **เวลา 5 คาบ**

1. **ผลการเรียนรู้** (Learning Outcome)

เมื่อนักเรียนได้เรียนเรื่อง Everyday Mathematics แล้วนักเรียนสามารถใช้หลักการพื้นฐานในวิชาคณิตศาสตร์สร้างขั้นตอน
การแก้ปัญหาที่น่าเชื่อถือและแปลกใหม่ได้

2. **ความคิดรวบยอดหลัก** (Main Concept)

คณิตศาสตร์ในชีวิตประจำวันของนักเรียน

3. **หัวข้อสาระการเรียนรู้** (Sub Concept / Topic)

3.1 สมการ

3.2 อัตราส่วน ร้อยละ และสัดส่วน

4. **สมรรถนะ**

1) ความสามารถในการสื่อสาร

2) ความสามารถในการคิดอย่างเป็นระบบ

5. **คุณลักษณะอันพึงประสงค์**

1) มีวินัย รับผิดชอบ

2) ใฝ่เรียนรู้

3) มุ่งมั่นในการทำงาน

6. **ค่านิยมหลักของคนไทย**

1. ใฝ่หาความรู้ หมั่นศึกษาเล่าเรียนทั้งทางตรง และทางอ้อม

7. **จุดประสงค์การเรียนรู้** (Learning Objective)

<u>ด้านความรู้ (Knowledge)</u>

1. นักเรียนสามารถบอกขั้นตอนการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ที่กำหนดให้ได้แตกต่างจากสิ่งที่ครูเคยสอนในชั้นเรียน
2. นักเรียนสามารถบอกหลักการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาได้

ด้านทักษะ (Skill)

1. นักเรียนสามารถเขียนวิธีการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ที่กำหนดให้ได้ถูกต้อง
2. นักเรียนสามารถอธิบายหลักการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาได้

ด้านคุณลักษณะ (Characteristic)

1. นักเรียนตั้งใจเข้าร่วมกิจกรรมในชั้นเรียน

8. การออกแบบกิจกรรม

ขั้นที่ 1 Identify the Task and the Guiding Question (45 นาที)

1. ครูให้นักเรียนเตรียมอุปกรณ์ ได้แก่ 1) น้ำหวาน 2) น้ำดื่ม 3) ช้อนส้ม 4) แก้วน้ำ 3 ใบ จากนั้นครูให้นักเรียนปฏิบัติ ดังนี้

(1) ให้นักเรียนใส่น้ำลงในแก้วใบที่ 1 จำนวน 10 ช้อน จากนั้นใส่น้ำหวานลงไป 1 ช้อน แล้วให้นักเรียนชิมรสชาติ

(2) ให้นักเรียนใส่น้ำลงในแก้วใบที่ 2 จำนวน 10 ช้อน จากนั้นใส่น้ำหวานลงไป 2 ช้อน แล้วให้นักเรียนชิมรสชาติ

(3) ถามนักเรียนว่า ทั้งสองแก้วต่างกันอย่างไร

(4) ให้นักเรียนเติมน้ำหวานลงในแก้วที่ 3 จำนวน 2 ช้อน แล้วถามนักเรียนว่าทำอย่างไรให้น้ำหวานแก้วที่ 3 รสชาติเหมือนแก้วที่ 1

2. ครูแนะนำว่า จาก (1) สามารถเขียนเป็นอัตราส่วนได้ว่า อัตราส่วนของน้ำหวาน ต่อน้ำดื่ม คือ 1 : 10 ดังนั้นถ้าหากเพิ่มปริมาณน้ำมากขึ้น แล้วให้น้ำที่ผสมแล้วมีรสชาติเหมือนเดิมต้องทำอย่างไร

3. ให้นักเรียนยกตัวอย่างอัตราส่วนรอบตัวของนักเรียน และเมื่อครูอธิบายจบแล้ว ให้นักเรียนจดบันทึกสิ่งที่ได้เรียนรู้ลงในแบบบันทึกที่ครูแจกให้

4. ผู้สอนระบุภาระงานให้ผู้เรียน คือ

ฟาร์มแห่งหนึ่งเลี้ยงแกะและวัวรวมกัน 40 ตัว หลังจากขายไป 29 ตัว พบว่ามีอัตราส่วนของจำนวนแกะต่อจำนวนวัว เป็น 4 : 1 ถ้าอัตราส่วนของจำนวนแกะต่อจำนวนวัวที่ขายไป คือ 3 : 2 ฟาร์มแห่งนี้ขายแกะ และ วัว ไปชนิดละกี่ตัว

ขั้นที่ 2 Design a Method and Collect Data (10 นาที)

5. แบ่งนักเรียนออกเป็น 15 กลุ่ม กลุ่มละ 2-3 คน (ห้ามนักเรียนอยู่กลุ่มเดิม)

6. จากนั้นให้ผู้เรียนร่วมกันวิเคราะห์โจทย์ที่ผู้สอนกำหนดให้ และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนซักถามข้อสงสัย 5 นาที โดยผู้เรียนจดบันทึกข้อคำถามและผลการวิเคราะห์โจทย์ลงในแบบบันทึก

ขั้นที่ 3 Develop an Initial Argument (35 นาที)

7. นักเรียนร่วมกันวิธีการหาคำตอบเบื้องต้น แล้วเขียนสรุปลงในกระดาษ โดยมีหัวข้อดังนี้

สิ่งที่โจทย์ถาม คือ :	
สิ่งที่โจทย์ที่กำหนดให้ คือ :	
สิ่งที่สังเกตได้จากสิ่งที่กำหนดให้ ดังนี้ :	
วิธีการหาคำตอบ (อธิบาย) :	**คำตอบ** :

8. ครูอธิบายแต่ละหัวข้อ ดังนี้

- **โจทย์ที่กำหนดให้** คือ โจทย์หรือสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้
- **สิ่งที่สังเกตได้จากส่งที่กำหนดให้** คือ จากโจทย์ที่ครูกำหนดให้นักเรียนพบข้อสังเกตอะไรบ้าง
- **วิธีการหาคำตอบ** คือ การนำข้อมูลมาแสดงให้เห็นเป็นเชิงประจักษ์ เช่น หลักการทางคณิตศาสตร์ใดที่นำมาแก้ปัญหา และ

นักเรียนมีลำดับการแก้ปัญหาอย่างไร (อธิบายได้ตามความถนัดของนักเรียน)

- **คำตอบ** คือ คำตอบของโจทย์หรือสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้

ขั้นที่ 4 Argumentation Session (90 นาที)

9. นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอวิธีการคิดของตนเอง ครูมีหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนที่ฟังตั้งคำถาม เพื่อถามเพื่อนกลุ่มที่นำเสนอ โดยครูจะให้ควบคุมในระดับของคำถามให้เป็นคำถามเชิงสร้างสรรค์ ขั้นตอนนี้จะทำให้นักเรียนได้ตรวจสอบข้อโต้แย้งของตน และยังได้ฝึกการตรวจคำตอบและตั้งคำถามเชิงสร้างสรรค์ด้วย

ขั้นที่ 5 Explicit and Reflective Discussion (15 นาที)

10. ครูและนักเรียนร่วมกับอภิปรายว่าจากกิจกรรมที่นักเรียนปฏิบัตินั้น เช่น

- นักเรียนต้องใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ เรื่องอะไรบ้าง
- จากการปฏิบัติงาน ข้อผิดพลาดของนักเรียนคืออะไร และจะแก้ไขอย่างไร
- นักเรียนจะนำความรู้เรื่องนี้ไปใช้ทำอะไรได้บ้าง

ขั้นที่ 6 Write an Investigation Report (15 นาที)

11. นักเรียนแต่ละคนสรุปข้อโต้แย้งที่ได้จากการปฏิบัติกิจกรรมในรูปแบบของตนเอง ในหัวข้อ ดังนี้ (ครูแจกแบบบันทึกให้นักเรียนเขียน

รายงานข้อสรุปของตนเอง)

1) จุดประสงค์ของกิจกรรมนี้คืออะไร

2) วิธีการแก้ปัญหาของนักเรียนคืออะไร (แสดงวิธีการแก้ปัญหาให้ชัดเจนตามความถนัดของตนเอง) และทำไมจึงเลือกใช้วิธีนี้

ขั้นที่ 7 Double-Blind Group Peer Review (15 นาที)

12. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันตรวจสอบข้อสรุปของสมาชิกในกลุ่มว่าถูกต้องหรือไม่ตามแบบประเมินที่ครูแจกให้

ขั้นที่ 8 Revise and Submit the Report (นอกเวลาเรียน/ เป็นการบ้าน)

13. นักเรียนรับแบบประเมินข้อสรุปของตนเองจากเพื่อในกลุ่ม แล้วนำมาปรับปรุงให้สมบูรณ์ จากนั้นนำมาส่งครูในคาบเรียนถัดไป

โดยส่งที่ต้องส่ง คือ รายงานข้อสรุปของตนเอง (ก่อนปรับปรุง) แบบฟอร์มประเมินโดยเพื่อน และ รายงานข้อสรุปของตนเอง (ฉบับสมบูรณ์)

ตัวอย่างแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์

ให้ผู้เรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1) อิงอิงเข้าร่วมการแข่งขันหุ่นยนต์ โดยต้องทำตามภารกิจที่กำหนดให้ 6 ภารกิจในเวลา 2 นาที โดยเลือกทำภารกิจใดก่อนก็ได้ แต่ทำได้ภารกิจละ 1 ครั้งเท่านั้น มีคะแนนและเงื่อนไข ดังนี้

ภารกิจที่ 1 การส่งของ (Delivering)

- หยิบกล่อง 5 คะแนน
- ส่งกล่อง ลักษณะแนวตั้ง 15 คะแนน
- ส่งกล่อง ลักษณะแนวนอน 5 คะแนน

ภารกิจที่ 2 การกำหนดเส้นทาง (Routing)

- หุ่นยนต์มาถึงบริเวณที่กำหนด 20 คะแนน
- เสาแนวตั้งล้ม หักคะแนนเสาละ 5 คะแนน

ภารกิจที่ 3 การประกบ/เชื่อม (Welding)

- เชื่อม 2 กล่องเข้าหาตามแนวตั้งและติดกัน 20 คะแนน
- เคลื่อนที่เชื่อมกล่องเพียง 1 กล่อง ตามแนวตั้ง 10 คะแนน
- กล่องทั้งสองกล่องเคลื่อนที่เข้าหากันตามแนวตั้งแต่ไม่ติดกัน10คะแนน

ภารกิจที่ 4 การจำแนก (Sorting)

- แสดงสีที่จำแนกได้บนหลอด LED 5 คะแนน
- ส่งกล่องไปยังจุดที่กำหนด โดยกล่องอยู่ในลักษณะตามแนวตั้ง 15 คะแนน
- ส่งกล่องไปยังจุดที่กำหนด โดยกล่องอยู่ในลักษณะตามแนวนอน 5 คะแนน

ภารกิจที่ 5 การรื้อ/เอาออก (Dismantling)

- การผลัก เสาสีขาวออก 10 คะแนน
- สัมผัสเสาสีดำ หัก 5 คะแนน

ภารกิจที่ 6 การแก้ปัญหา (Debugging)

- เคลื่อนกล่องไปยังทิศทางที่ถูกต้อง กล่องละ 10 คะแนน
- เคลื่อนกล่องผิดทิศทางหักคะแนน กล่องละ 5 คะแนน

1.1) ถ้าอิงอิงสามารถทำภารกิจทันแค่ 6 ภารกิจ และ 1 ภารกิจอิงอิงพลาดหนึ่งจุด ผู้เรียนคิดว่าอิงอิงเลือกทำภาระกิจใดบ้าง และพลาดในภารกิจใด อิงอิงจึงมีคะแนนสูงที่สุด (เท่าที่จะทำได้)

.....

.....

.....

.....

.....

1.2) ให้ผู้เรียนบอกลำดับการหาคำตอบของโจทย์ปัญหา

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

1.3) ผู้เรียนสามารถตรวจสอบได้อย่างไรว่าคำตอบที่ได้เป็นคำตอบที่ถูกต้อง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เกณฑ์การให้คะแนนการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์

ตาราง 22 ตารางแสดงเกณฑ์การให้คะแนนการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์

ประเด็นการประเมิน	
1) คำตอบถูกต้อง 2) ลำดับการให้เหตุผลมีความแปลกใหม่ สามารถอภิปรายเสนอประเด็นได้แตกต่างจากรูปแบบเดิม (ที่ครูสอนในชั้นเรียน) 3) ลำดับการให้เหตุผลมีหลักฐานประกอบ ที่ทำให้เชื่อได้ว่าลำดับการให้เหตุผลนั้นดีที่สุด 4) การให้เหตุผลถูกต้องตรงตามหลักการทางคณิตศาสตร์ 5) การอธิบายมีความชัดเจนตรงตามบริบทของเนื้อหา	
ระดับคะแนน	**เกณฑ์**
6 คะแนน	นักเรียนตอบข้อคำถามตรงตามประเด็นการประเมินทั้ง 5 ข้อ
5 คะแนน	นักเรียนตอบข้อคำถามตรงตามประเด็นการประเมินทั้ง 4 ข้อ
4 คะแนน	นักเรียนตอบข้อคำถามตรงตามประเด็นการประเมินทั้ง 3 ข้อ
3 คะแนน	นักเรียนตอบข้อคำถามตรงตามประเด็นการประเมินทั้ง 2 ข้อ
2 คะแนน	นักเรียนตอบข้อคำถามตรงตามประเด็นการประเมินทั้ง 1 ข้อ
1 คะแนน	นักเรียนตอบข้อคำถามไม่ตรงตามประเด็นการประเมิน
0 คะแนน	นักเรียนไม่ตอบข้อคำถาม

ภาคผนวก ค
แบบประเมินคุณภาพเครื่องมือในการวิจัย

แบบประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง แบบมาตรประมาณค่า (rating scale)

ขอให้ท่านพิจารณาความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังต่อไปนี้

หากแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมากที่สุด (5 คะแนน)
หากแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมาก (4 คะแนน)
หากแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมปานกลาง (3 คะแนน)
หากแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมน้อย (2 คะแนน)
หากแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมน้อยที่สุด (1 คะแนน)

นิยามศัพท์เฉพาะ

การจัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง หมายถึง รูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการ โดยให้ผู้เรียนได้ออกแบบสำรวจตรวจสอบ รวบรวม และวิเคราะห์ข้อมูล สื่อสารความคิดกับผู้อื่นในระหว่างกิจกรรมการโต้แย้ง การตรวจสอบเพื่อแลกเปลี่ยนกับผู้อื่น และมีการกระตุ้นให้มีการตรวจสอบโดยเพื่อน ประกอบด้วย 8 ขั้นตอน คือ

ขั้นที่ 1 Identify the Task and the Guiding Question คือ การแนะนำหัวข้อสำคัญที่ควรศึกษาและเริ่มการสำรวจ ขั้นตอนนี้ผู้สอนต้องทำหน้าที่เพื่อดึงดูดความสนใจของผู้เรียน เชื่อมโยงเนื้อหาระหว่างประสบการณ์การเรียนรู้ในอดีตและปัจจุบัน และเพื่อให้เป้าหมายของกิจกรรมที่กำลังจะเกิดขึ้นให้ชัดเจน

ขั้นที่ 2 Design a Method and Collect Data การสร้างและการรวบรวมข้อมูล คือ การที่ผู้เรียนทำงานกันเป็นกลุ่ม เพื่อพัฒนาและใช้วิธีการของตนเอง เพื่อตอบคำถามที่ผู้สอนให้ จุดประสงค์ของขั้นตอนนี้คือการให้โอกาสผู้เรียนในการเรียนรู้วิธีการออกแบบและดำเนินการตรวจสอบข้อมูลวิเคราะห์ข้อมูลและเรียนรู้วิธีจัดการกับความคลุมเครือของงานที่ได้รับมอบหมาย

ขั้นที่ 3 Develop an Initial Argument คือ การให้ผู้เรียนสร้างลำดับการคิดที่น่าเชื่อถือด้วยหลักฐานและเหตุผลที่สามารถแบ่งปันกับผู้อื่นได้ เป็นข้อสรุปการคาดเดา คำอธิบาย ข้อความเชิงพรรณนาหรือคำตอบของคำถาม ซึ่งในขั้นตอนนี้เน้นความสำคัญของการโต้แย้ง ผู้เรียนต้องสามารถสนับสนุนคำอธิบายข้อสรุปหรือคำตอบของคำถามที่มีหลักฐานที่เหมาะสมและมีเหตุผลเพียงพอ

ขั้นที่ 4 Argumentation Session คือ ผู้เรียนจะแบ่งปันข้อโต้แย้งซึ่งกันและกัน ผู้เรียนจะมีส่วนร่วมในการประเมินคำอภิปรายเหล่านั้นเพื่อตัดสินว่าข้อใดถูกต้องที่สุด ผู้นำเสนอจะได้ทบทวนและปรับปรุงข้อโต้แย้งของตนนอกจากนี้ยังช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะการสื่อสารและการนำเสนอด้วย

ขั้นที่ 5 Explicit and Reflective Discussion คือ ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันอภิปรายที่เนื้อหาที่เป็นหัวใจสำคัญของการแก้ปัญหา เพื่อให้ผู้เรียนวิธีออกแบบการแก้ปัญหาที่ดีขึ้นในอนาคต

ขั้นที่ 6 Write an Investigation Report คือ ขั้นตอนที่ผู้เรียนแต่ละคนเขียนรายงานการแก้ปัญหา ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาที่เป็นหัวใจสำคัญของปัญหาที่ได้รับมอบหมาย และเรียนรู้วิธีวิเคราะห์และตีความข้อมูล พัฒนาและใช้แบบจำลอง ใช้คณิตศาสตร์หรือการคิดเชิงคำนวณ สร้างคำอธิบาย โต้แย้งจากหลักฐาน และ สื่อสารข้อมูล นอกจากนี้ยังช่วยให้นักเรียนพัฒนาความสามารถในการเขียนขั้นตอนการแก้ปัญหาด้วย

ขั้นที่ 7 Double-Blind Group Peer Review คือ ผู้เรียนแต่ละกลุ่มจะตรวจสอบรายงานการสอบสวนซึ่งกันและกัน เพื่อให้แน่ใจว่ามีคุณภาพและให้ข้อเสนอแนะที่จำเป็นแก่เพื่อนร่วมชั้นในการปรับปรุง ขั้นตอนการสอบถามโดยใช้ข้อโต้แย้งนี้ช่วยให้นักเรียนเรียนรู้วิธีประเมินข้อมูล นอกจากนี้ยังช่วยให้นักเรียนพัฒนาความสามารถในการอ่านและวิจารณ์ข้อความที่มีการโต้แย้ง

ขั้นที่ 8 Revise and Submit the Report คือ การให้ผู้เรียนแก้ไขและปรับปรุงรายงานผลการสำรวจตรวจสอบตามคำแนะนำของเพื่อน จากผลการประเมินที่ได้จากกิจกรรมการตรวจสอบโดยเพื่อน

ประเด็นการประเมิน	ความเหมาะสม				
	1	2	3	4	5
ความสอดคล้องขององค์ประกอบของแผนฯ					
1. เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้					
2. กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับเนื้อหา					
3. กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับจุดประสงค์การเรียนรู้					
กระบวนการจัดการเรียนรู้					
1. กิจกรรมการเรียนรู้อ่านแล้วเข้าใจง่ายสามารถจัดกิจกรรมได้ตามแผน					

ประเด็นการประเมิน	ความเหมาะสม				
	1	2	3	4	5
2. กิจกรรมการเรียนรู้เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ					
3. กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับเวลาที่กำหนด					
4. กิจกรรมมีการบูรณาการเนื้อหาและการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง					
5. กิจกรรมมีคำถามที่ส่งเสริมแนวคิดให้กับผู้เรียน					
6. กิจกรรมที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน					
สื่อและแหล่งเรียนรู้					
1. สื่อการเรียนรู้มีความหลากหลาย					
2. สื่อการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับเนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้					
การวัดและประเมินผล					
1. การวัดและการประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้					
2. การวัดและการประเมินผลสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้					

แบบประเมินความสอดคล้องของข้อคำถามกับนิยามศัพท์เฉพาะ

ขอให้ท่านพิจารณาความสอดคล้องของข้อคำถามในแต่ละข้อกับนิยามศัพท์เฉพาะ โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังต่อไปนี้

หากข้อคำถามสอดคล้องกับนิยามศัพท์เฉพาะ (1 คะแนน)

หากไม่แน่ใจว่าข้อคำถามสอดคล้องกับนิยามศัพท์เฉพาะ (0 คะแนน)

หากข้อคำถามไม่สอดคล้องกับนิยามศัพท์เฉพาะ (-1 คะแนน)

นิยามศัพท์เฉพาะ

ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ หมายถึง ความสามารถของบุคคลทางด้านคณิตศาสตร์ในการที่สามารถสร้างลำดับเหตุผลขึ้นมาใหม่ โดยพิจารณาจากสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ และสร้างลำดับการให้เหตุผลเพื่อแก้ไขปัญหาอย่างถูกต้อง และสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในสถานการณ์อื่น ๆ ได้ โดยเกิดขึ้นจาก

1.1) ความแปลกใหม่ คือ มีการสร้างลำดับการให้เหตุผลใหม่หรือลำดับที่ถูกลืมไปแล้วจะถูกสร้างขึ้นใหม่

1.2) ความน่าเชื่อถือ คือ ข้อโต้แย้งที่สนับสนุนการเลือกกระบวนการและ การนำไปใช้ต้องมีแรงจูงใจว่าทำไมข้อสรุปเป็นเรื่องจริงหรือน่าเชื่อถือ

1.3) ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ คือ ต้องยึดในคุณสมบัติทางคณิตศาสตร์ที่แท้จริงของส่วนประกอบที่เกี่ยวข้องเหตุผลเพื่อให้ได้ซึ่งการยืนยันและข้อสรุป โดยไม่จำเป็นต้องใช้เหตุผลแบบนิรนัยเชิงตรรกะ แต่ต้องอาศัยความสมเหตุสมผลของพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ในการตอบข้อสรุปนั้น ๆ

ข้อ	ตัวบ่งชี้ความสามารถการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์	ความสอดคล้อง			หมายเหตุ
		1	0	-1	
1.1	ความน่าเชื่อถือ				
1.2	ความแปลกใหม่				
	ความน่าเชื่อถือ				
	ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์				
1.3	ความน่าเชื่อถือ				
	ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์				
2.1	ความน่าเชื่อถือ				
2.2	ความแปลกใหม่				
	ความน่าเชื่อถือ				
	ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์				
2.3	ความน่าเชื่อถือ				
	ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์				
3.1	ความน่าเชื่อถือ				
3.2	ความแปลกใหม่				
	ความน่าเชื่อถือ				
	ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์				

ข้อ	ตัวบ่งชี้ความสามารถการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์	ความสอดคล้อง			หมายเหตุ
		1	0	-1	
3.3	ความน่าเชื่อถือ				
	ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์				
4.1	ความน่าเชื่อถือ				
4.2	ความแปลกใหม่				
	ความน่าเชื่อถือ				
	ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์				
4.3	ความน่าเชื่อถือ				
	ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์				
5.1	ความน่าเชื่อถือ				
5.2	ความแปลกใหม่				
	ความน่าเชื่อถือ				
	ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์				
5.3	ความน่าเชื่อถือ				
	ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์				
6.1	ความน่าเชื่อถือ				
6.2	ความแปลกใหม่				
	ความน่าเชื่อถือ				
	ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์				
6.3	ความน่าเชื่อถือ				
	ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์				
7.1	ความน่าเชื่อถือ				
7.2	ความแปลกใหม่				
	ความน่าเชื่อถือ				
	ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์				

ข้อ	ตัวบ่งชี้ความสามารถการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์	ความสอดคล้อง			หมายเหตุ
		1	0	-1	
7.3	ความน่าเชื่อถือ				
	ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์				
8.1	ความน่าเชื่อถือ				
8.2	ความแปลกใหม่				
	ความน่าเชื่อถือ				
	ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์				
8.3	ความน่าเชื่อถือ				
	ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์				
9.1	ความน่าเชื่อถือ				
9.2	ความแปลกใหม่				
	ความน่าเชื่อถือ				
	ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์				
9.3	ความน่าเชื่อถือ				
	ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์				
10.1	ความน่าเชื่อถือ				
10.2	ความแปลกใหม่				
	ความน่าเชื่อถือ				
	ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์				
10.3	ความน่าเชื่อถือ				
	ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์				

ภาคผนวก ง
คำสั่งในการวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง โดยใช้โปรแกรมสถิติวิเคราะห์ MPlus

```
TITLE:  CMR01

DATA:
  FILE IS "\\Mac\Home\Desktop\CMR2.txt";

VARIABLE:
  NAMES ARE Y1 Y2 Y3 Y4 Y5;
  USEVARIABLES ARE Y1 Y2 Y3 Y4 Y5;

ANALYSIS:
  TYPE IS GENERAL;
  ESTIMATOR IS ML;
  ITERATIONS = 1000;
  CONVERGENCE = 0.00005;

MODEL : I S | Y1@0 Y2@1 Y3@2 Y4@3 Y5@4;
        I BY Y1;
        I BY Y2;
        I BY Y3;
        I BY Y4;
        S BY Y1;
        Y2 WITH Y1;

PLOT: TYPE=PLOT3;
SERIES IS Y1 (S) Y2 (S) Y3 (S) Y4 (S) Y5 (S);

OUTPUT:  SAMPSTAT MODINDICES STANDARDIZED FSCOEFFICIENT;

SAVEDATA:
  RESULTS IS Desktop;
```

ภาคผนวก จ
หนังสือรับรองการใช้ประโยชน์

ที่ อว 8718/

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

4 มกราคม 2564

เรื่อง ขอแจ้งผลการพิจารณาโครงการวิจัยเลขที่ SWUEC-G- 358/2563E

เรียน นางสาว วีราพัชร์ นามกูล

สิ่งที่ส่งมาด้วย ใบรับรองโครงการวิจัย SWUEC/E/G- 358/2563

ตามที่ท่านได้ส่งโครงร่างการวิจัยเรื่อง การพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ ที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง : ประยุกต์ใช้การวิเคราะห์โค้งพัฒนาการ โครงการวิจัยเลขที่ SWUEC-G 358/2563E เพื่อรับการพิจารณาจากคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ นั้น

คณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ ได้พิจารณาโครงการวิจัยดังกล่าว บัดนี้ คณะกรรมการฯ ให้การรับรองโครงการวิจัยดังกล่าวแล้วเมื่อวันที่ 4 มกราคม 2564 รายละเอียดดังนี้

Certificate Number	SWUEC/E/G-358/2563
Date of Approval	4 มกราคม 2564 (อายุใบรับรองโครงการวิจัย 12 เดือน)
Date of Expiration	4 มกราคม 2565
Continuing Review	ทุก 12 เดือน (ครบกำหนดส่งรายงานครั้งแรก วันที่ 4 มกราคม 2565)

ในการนี้ คณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ ใคร่ขอความกรุณาให้ผู้วิจัยส่งรายงานความก้าวหน้าของการวิจัยและต่ออายุการรับรองก่อนกำหนดวันหมดอายุ 30 วัน เพื่อให้เป็นไปตามวิธีดำเนินการมาตรฐาน (SOPs version 2.0) ของคณะกรรมการฯ ทั้งนี้รายละเอียดของเอกสารที่ให้การรับรองตามที่ปรากฏใน Certificate of Approval (Certificate Number SWUEC/E/G-358/2563) ที่แนบมาพร้อมนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและดำเนินการต่อไป

ขอแสดงความนับถือ

(แพทย์หญิงสุรีพร ภัทรสุวรรณ)
ประธานคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
โทรศัพท์ 0-2649-5000 ต่อ 12430
โทรสาร 0-2259-1822

ที่ อว 8715.1/268

คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
114 สุขุมวิท 23 เขตวัฒนา
กรุงเทพฯ 10110

11 เมษายน 2565

เรื่อง ตอบรับการนำเสนอบทความวิจัย

เรียน อาจารย์วีราพัชร์ นามกูล

ตามที่ท่านได้เสนอบทความวิจัย **เรื่อง "การพัฒนาแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง เพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์"** เพื่อนำเสนอในงานประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ The 7th National Conference on Education (SWU ICE 2022) and The 3rd Srinakharinwirot University International Conference on Education กิจกรรม Design and Implementation for the Future in Education ในวันที่ 12 – 13 พฤษภาคม 2565 ในรูปแบบออนไลน์ โดยใช้โปรแกรม ZOOM Cloud Meetings ความแจ้งแล้วนั้น

บัดนี้ ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบบทความของท่านเรียบร้อยแล้ว และขอเรียนให้ท่านทราบว่าบทความวิจัยของท่านผ่านการพิจารณาให้นำเสนอบทความ (Full paper) ในรูปแบบ PowerPoint ในงานประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติฯ วันที่ 13 พฤษภาคม 2562 เวลา 13.00 น. เป็นต้นไป ในรูปแบบออนไลน์ ผ่านโปรแกรม ZOOM

จึงเรียนมาเพื่อทราบ คณะกรรมการฝ่ายวิชาการขอขอบพระคุณที่ท่านให้เกียรติมานำเสนอผลงานวิจัยที่เป็นประโยชน์ในการประชุมวิชาการฯ ครั้งนี้

ขอแสดงความนับถือ

ชนิดา มิตรานันท์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนิดา มิตรานันท์)
ประธานกรรมการฝ่ายวิชาการ

ประสานงานจัดโครงการฯ
โทร. 02-6495000 ต่อ 1-5509
โทรสาร 02–2600124

หนังสือรับรองการใช้ประโยชน์ของผลงานวิจัย

ชื่อหน่วยงานที่รับรอง โรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายประถม)
ที่อยู่หน่วยงานที่รับรอง เลขที่ 174 สุขุมวิท 23 แขวงคลองเตยเหนือ เขตวัฒนา กรุงเทพมหานคร 10110
วัน เดือน ปีที่ให้การรับรอง 9 พฤษภาคม พ.ศ. 2565

เรื่อง การรับรองการใช้ประโยชน์ของผลงานวิจัย
เรียน คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ข้าพเจ้า ผู้ช่วยศาสตรจารย์ ดร.นพดล กองศิลป์ **ตำแหน่ง** ผู้อำนวยการ โรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายประถม) ขอรับรองว่าได้มีการนำผลงานวิจัย เรื่อง การพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง : ประยุกต์ใช้การวิเคราะห์โค้งพัฒนาการ
ผู้วิจัยโดย นางสาววีราพัชร์ นามกูล

นำไปใช้ประโยชน์ ด้านการใช้ประโยชน์ตามวัตถุประสงค์/เป้าหมายของงานวิจัย/งานสร้างสรรค์ คือ

มีการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ดังนี้

1) นำรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ไปใช้ในการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาทางวิชาคณิตศาสตร์ ความสามารถในการนำเสนอตัวแทนความคิดทางคณิตศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เพื่อสร้างพื้นฐานวิชาคณิตศาสตร์ให้กับนักเรียนให้มีความพร้อมในการสอบในระดับชาติ (O-NET)

2) นำแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงสร้างสรรค์ไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบข้อสอบเพื่อใช้ประเมินผลปลายภาคเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

3) นำผลการวิจัยไปต่อยอดในการทำวิจัยในชั้นเรียน จำนวน 3 เล่ม คือ การนำใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาทางวิชาคณิตศาสตร์ ความสามารถในการนำเสนอตัวแทนความคิดทางคณิตศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

ช่วงเวลาในการใช้ประโยชน์

ตั้งแต่ เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2565 จนถึงปัจจุบัน

โดยการใช้ประโยชน์นั้น ก่อให้เกิดผลดีหรือประโยชน์ ดังนี้

1) ครูผู้สอนตระหนักถึงการสอนวิชาคณิตศาสตร์รูปแบบใหม่ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนแสดงความเป็นตัวของตัวเอง ประยุกต์ใช้ความรู้ – ทักษะวิชาคณิตศาสตร์ร่วมกับประสบการณ์ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นทั้งในชีวิตประจำวัน และในการทดสอบต่าง ๆ

2) ได้รูปแบบการสอนในวิชาคณิตศาสตร์ แผนการจัดการเรียนการสอนและสื่อไปใช้ในการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาทางวิชาคณิตศาสตร์ ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงสร้างสรรค์ ความสามารถในการนำเสนอตัวแทนความคิดทางคณิตศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

3) ได้ข้อสอบที่ใช้ประเมินผลปลายภาคเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

4) จากการทำวิจัยในชั้นเรียน พบว่า

4.1 นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์สูงขึ้นกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้

4.2 นักเรียนมีความสามารถในการนำเสนอตัวแทนความคิดทางคณิตศาสตร์สูงขึ้นกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้

4.3 นักเรียนมีทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับ 3 ขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 90 ของนักเรียนทั้งหมด

5) จำนวนนักเรียนที่ได้คะแนน O-NET วิชาคณิตศาสตร์ เต็ม 100 คะแนน จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 6.5 ของนักเรียนที่เข้ารับการสอบ ซึ่งเพิ่มขึ้นจากปีการศึกษา 2563

ลงชื่อ.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพดล กองศิลป์)

ผู้อำนวยการ โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายประถม)

หมายเหตุ: ท่านสามารถประทับตราของหน่วยงานในเอกสารนี้ได้ (ถ้ามี)

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	วีราพัชร์ นามกูล
วัน เดือน ปี เกิด	24 มีนาคม 2537
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
วุฒิการศึกษา	พ.ศ. 2560 การศึกษาบัณฑิต (กศ.บ.) สาขาวิชาการประถมศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ พ.ศ. 2564 การศึกษามหาบัณฑิต (กศ.ม.) สาขาวิชาการวัด ประเมิน และวิจัยการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ผลงานตีพิมพ์	วีราพัชร์ นามกูล, อรอุมา เจริญสุข, วิไลลักษณ์ ลังกา. (2565).การพัฒนาแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งเพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการด้านการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ระดับชาติ ครั้งที่ 7 (หน้า 38 - 54). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
รางวัลที่ได้รับ	รางวัลบทความดีเด่น จากการประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 7 (The 7th National Conference on Education)